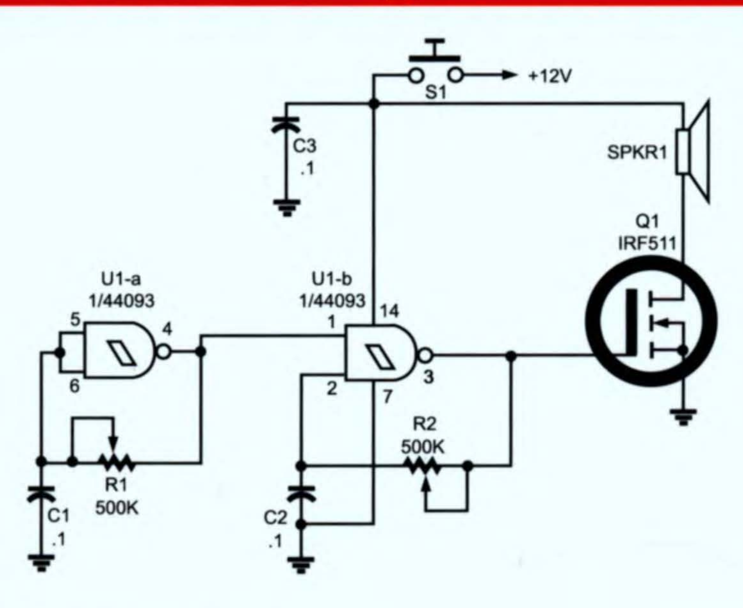
302 НОВЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

bhv

Электроника



302 НОВЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Схемотехнические решения для радиолюбителей и профессионалов

bhv

FRANZIS

Elektronik

302 neue professionelle Schaltungen

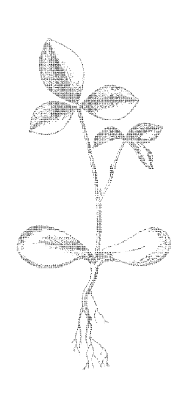
Applikationsschaltungen für Praxis, Labor und Studium

FRANZIS

302 neue professionelle Schaltungen

302 НОВЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Схемотехнические решения для радиолюбителей и профессионалов



Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2009

УДК 621.382
ББК 32.85
Т67

Т67 302 новые профессиональные схемы: Пер. с нем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 480 с.: ил. — (Электроника)

ISBN 978-5-9775-0311-2

В книге собраны схемы готовых функциональных блоков или устройств: приемопередатчиков, устройств измерения и регулирования температуры, таймеров, ГУН, измерительных устройств, сенсорных выключателей, тестовые схемы и др. Каждая схема сопровождается кратким описанием, проста, легко читаема и не требуют много времени на создание рабочего образца.

Для профессиональных инженеров-электронщиков и радиолюбителей

УДК 621.382
ББК 32.85

Группа подготовки издания:

Главный редактор	*Екатерина Кондукова*
Зам. главного редактора	*Игорь Шишигин*
Зав. редакцией	*Григорий Добин*
Перевод с английского	*Виктора Букирева*
Редактор	*Юрий Рожко*
Компьютерная верстка	*Ольги Сергиенко*
Корректор	*Зинаида Дмитриева*
Оформление обложки	*Елены Беляевой*
Зав. производством	*Николай Тверских*

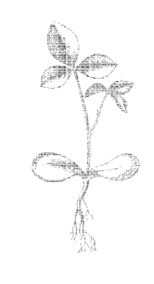
Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 30.04.09.
Формат 70×100[1]/16. Печать офсетная. Усл. печ. л. 38,7.
Тираж 2000 экз. Заказ № 1033
"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию
№ 77.99.60.953.Д.003650.04.08 от 14.04.2008 г. выдано Федеральной службой
по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-3-7723-4036-9 (нем.)
ISBN 978-5-9775-0311-2 (рус.)

Оглавление



1. Схемы терморегуляторов

Существует большое количество электрических принципиальных схем, которые могут поддерживать желаемую заданную температуру с точностью до 0,0000033 °С. Эти схемы включают коррекцию при отклонении от установленного значения температуры, пропорциональное, интегральное и дифференциальное регулирование.

1.1. Регулятор для электроплиток

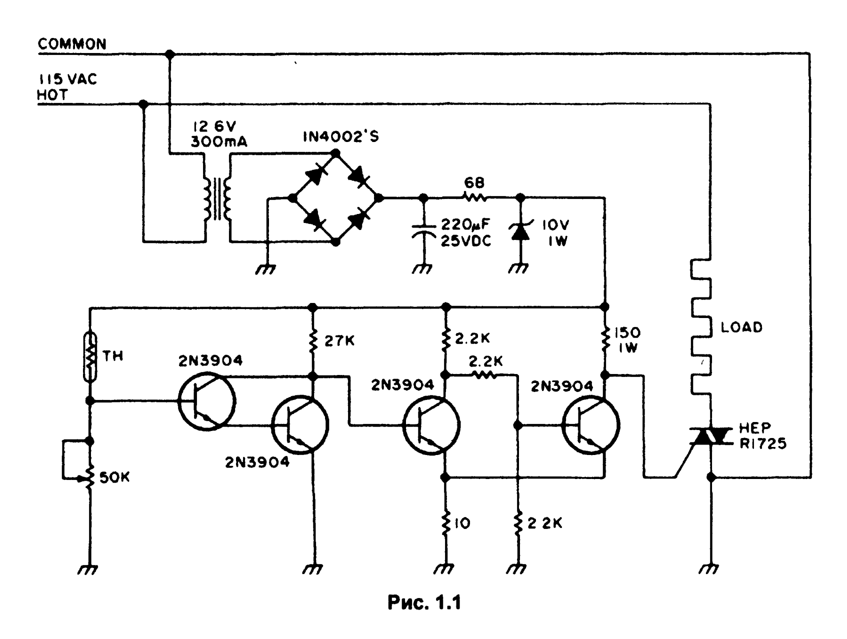


Рис. 1.1

В регуляторе для электроплиток (рис. 1.1) используется позистор (терморезистор с положительным температурным коэффициентом сопротивления или ТКС) типа K600A фирмы Allied Electronics, встроенный в кухонную плиту, чтобы поддерживать идеальную температуру варки. Потенциометром можно регулировать запуск семисторного регулятора и, соответственно, включение или выключение нагревательного элемента. Устройство предназначено для работы в электрической сети с напряжением 115 В. При включении устройства в сеть напряжением 220 В необходимо использовать другой питающий трансформатор и семистор.

1.2. Дозирующий регулятор

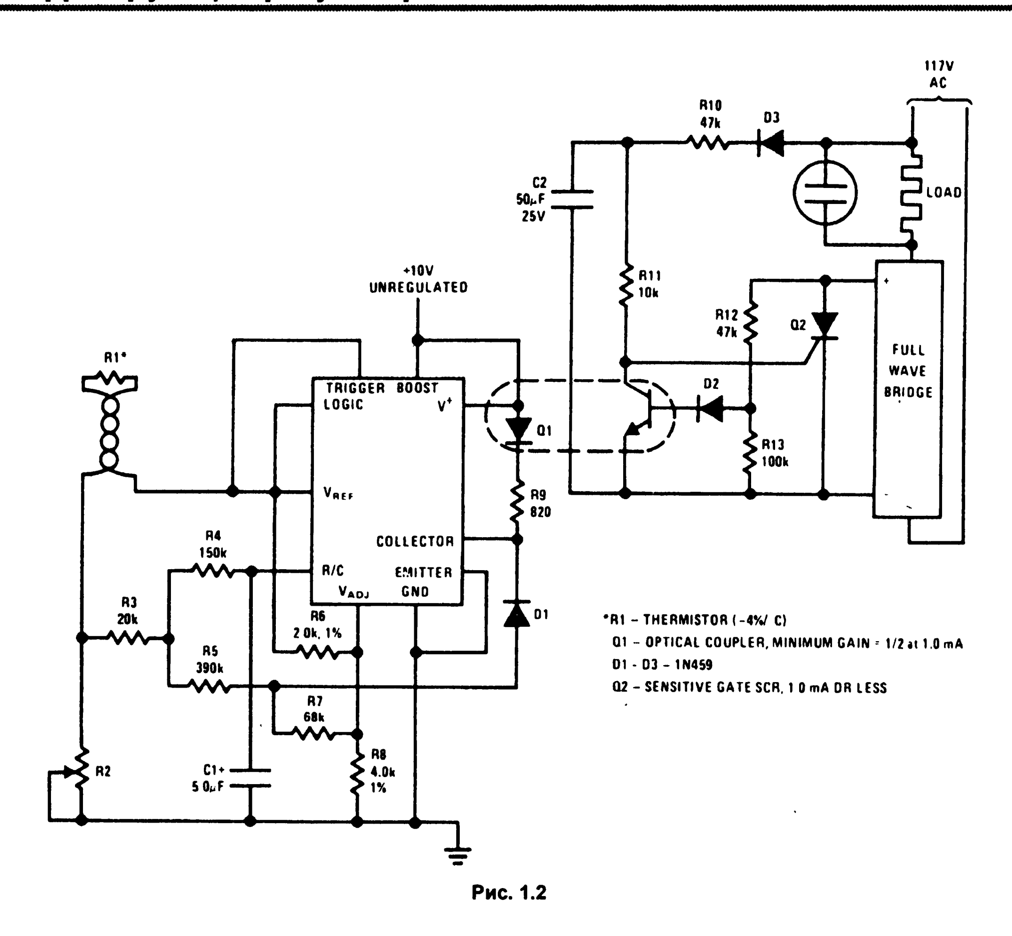


Рис. 1.2

Таймер LM122 производства компании National используется как дозирующий терморегулятор с оптической развязкой и синхронизацией при прохождении питающего напряжения через нуль. Установкой резистора R2 (рис. 1.2) задается регулируемая позистором R1 температура. Тиристор Q2 подбирается из расчета подключаемой нагрузки по мощности и напряжению. Диод D3 определен для напряжения 200 В. Резисторы R12, R13 и диод D2 реализуют управление тиристором при прохождении питающего напряжения через нуль.

1.3. Регулирование температуры печи

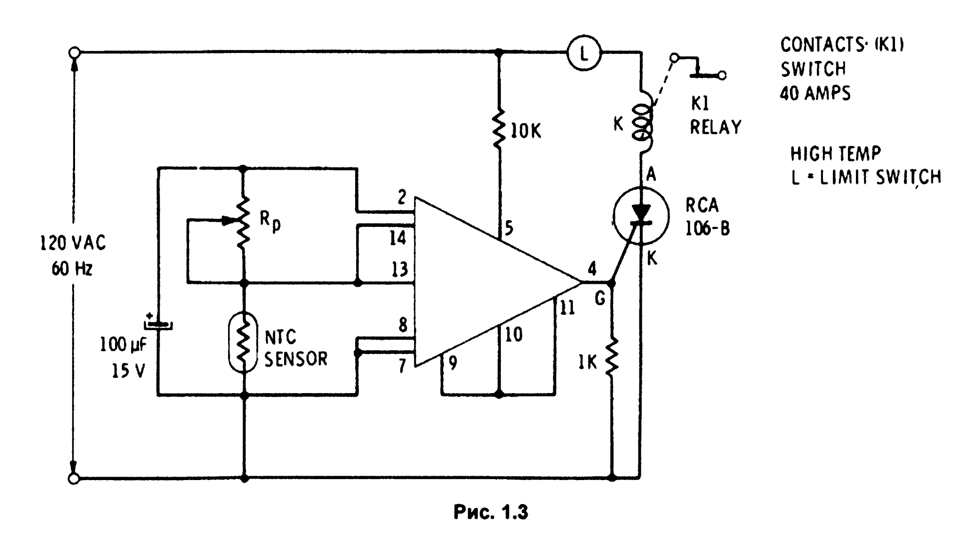


Рис. 1.3

Простая схема (рис. 1.3) с переключателем при переходе питающего напряжения через нуль на микросхеме CA3059 позволяет регулировать включение и выключение тиристора, который управляет катушкой нагревательного элемента или реле для управления электро- или газовой печью. Переключение тиристора происходит при малых токах. Измерительное сопротивление NTC SENSOR обладает отрицательным температурным коэффициентом. Резистором R_P устанавливается желаемая температура.

1.4. Регулятор температуры печи от 75 до 250 °C

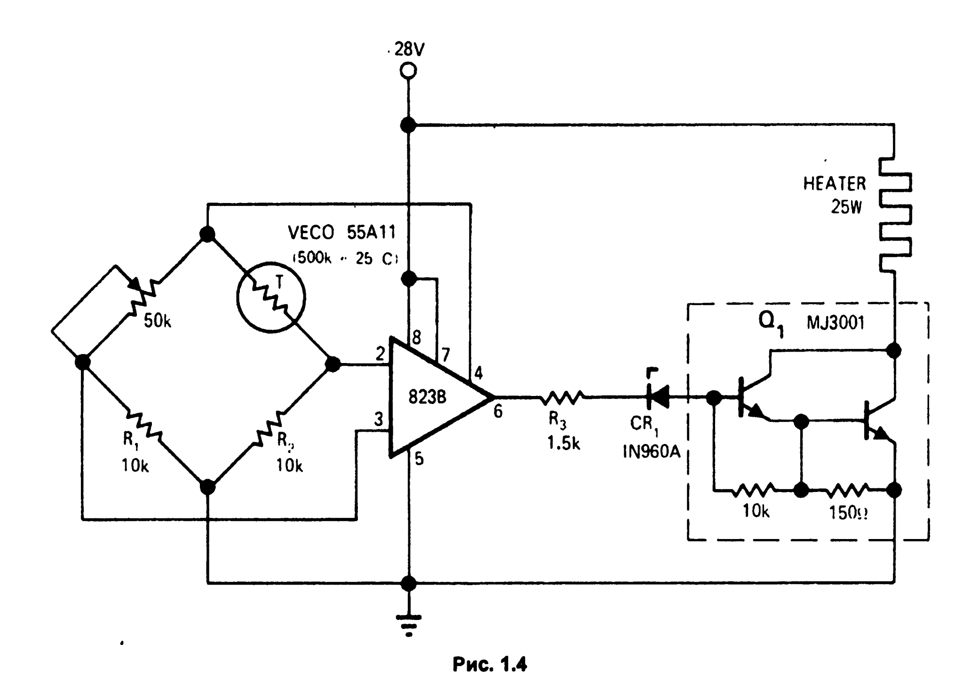
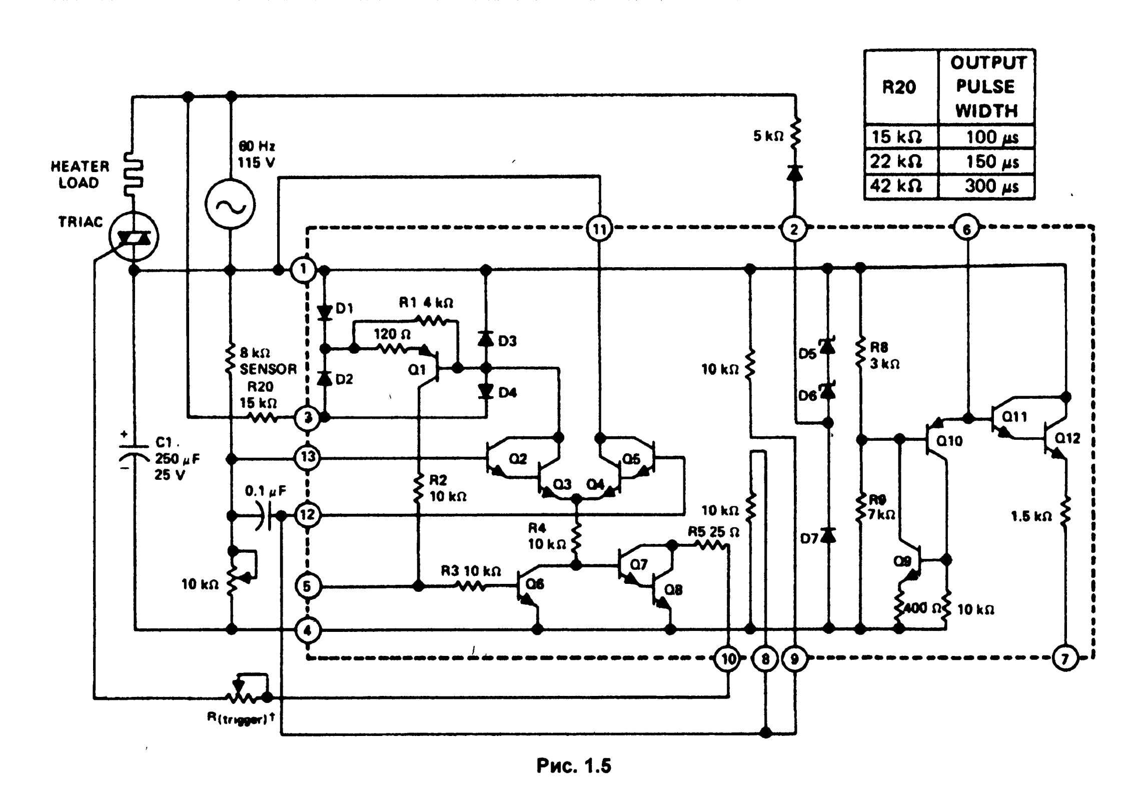


Рис. 1.4

Устройство (рис. 1.4) обеспечивает пропорциональное регулирование температуры небольшой маломощной печи с точностью до 1 °C относительно температуры, заданной с помощью потенциометра. В схеме используется стабилизатор напряжения 823B, который питается, как и печь, от того же источника напряжением 28 В. Для задания величины температуры должен использоваться 10-оборотный проволочный потенциометр. Мощный транзистор Q_1 работает в режиме насыщения или близко к этому режиму, однако радиатор для охлаждения транзистора не требуется.

1.5. Семисторный регулятор для нагревателя



R20	OUTPUT PULSE WIDTH
15 kΩ	100 μs
22 kΩ	150 μs
42 kΩ	300 μs

Рис. 1.5

Для управления семистором при переходе питающего напряжения через нуль используется переключатель на микросхеме SN72440 от фирмы Texas Instruments. Эта микросхема переключает симистор TRIAC (рис. 1.5), включающий или выключающий нагревательный элемент, обеспечивая необходимый нагрев. Управляющий импульс в момент перехода напряжения сети через нуль подавляется или пропускается под действием дифференциального усилителя и моста сопротивления в интегральной схеме (ИС). Ширина последовательных выходных импульсов на выводе 10 ИС регулируется потенциометром в цепи запуска $R_{(trigger)}$, как это показано в таблице на рис. 1.5, и должна изменяться в зависимости от параметров используемого симистора.

1.6. Регулятор с диодным датчиком

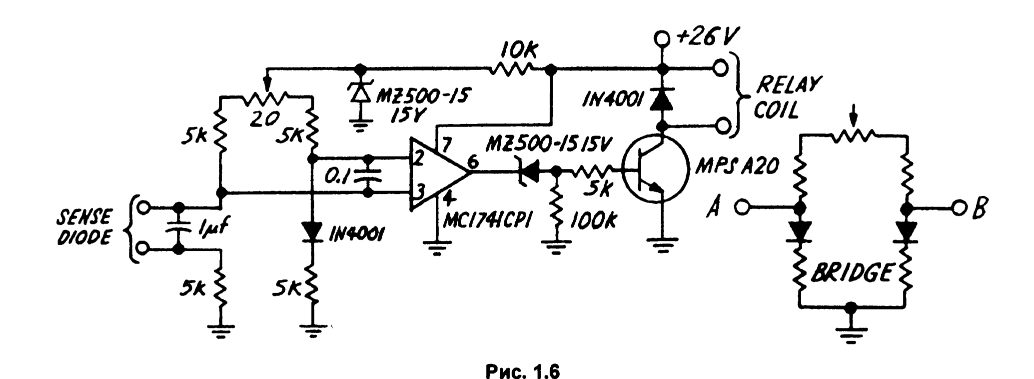


Рис. 1.6

Обычный кремниевый диод с температурным коэффициентом 2 мВ/°С служит для поддержания разницы температур до ±10 °F[1] с точностью примерно 0,3 °F в широком диапазоне температур. Два диода, включенные в мост сопротивлений (рис. 1.6), дают напряжение на выводах А и В, которое пропорционально разнице температуры. Потенциометром регулируется ток смещения, который соответствует предварительно устанавливаемой области смещения температуры. Низкое выходное напряжение моста усиливается операционным усилителем MC1741 производства фирмы Motorola до 30 В при изменении напряжения на входе на 0,3 мВ. Буферный транзистор добавлен для подключения нагрузки с помощью реле.

[1] Температура по шкале Фаренгейта. Для перевода температуры из шкалы Фаренгейта в шкалу Цельсия нужно от исходного числа отнять 32 и умножить результат на 5/9. — *Ред.*

1.7. Пропорциональный регулятор хлебопекарной печи

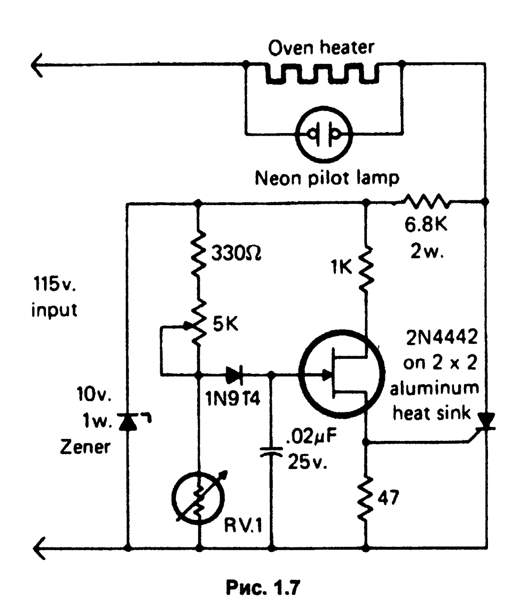


Рис. 1.7

Позистор RV1 (рис. 1.7) и комбинация из переменного и постоянного резисторов образуют делитель напряжения, поступающего с 10-вольтового диода Зенера (стабилитрона). Напряжение с делителя подается на однопереходный транзистор. Во время положительной полуволны напряжения сети на конденсаторе возникает напряжение пилообразной формы, амплитуда которого зависит от температуры и установки сопротивления на потенциометре номиналом 5 кОм. Когда амплитуда этого напряжения достигает отпирающего напряжения однопереходного транзистора, он включает тиристор, который и подает напряжение на нагрузку. Во время отрицательной полуволны переменного напряжения тиристор выключается. Если температура печи низка, то тиристор открывается в полуволне раньше и производит больший нагрев. Если предварительно установленная температура достигнута, то тиристор открывается позже и производит меньший нагрев. Схема разработана для использования в устройствах с температурой окружающей среды 100 °F.

1.8. Регулятор с точностью до 0,001 °С

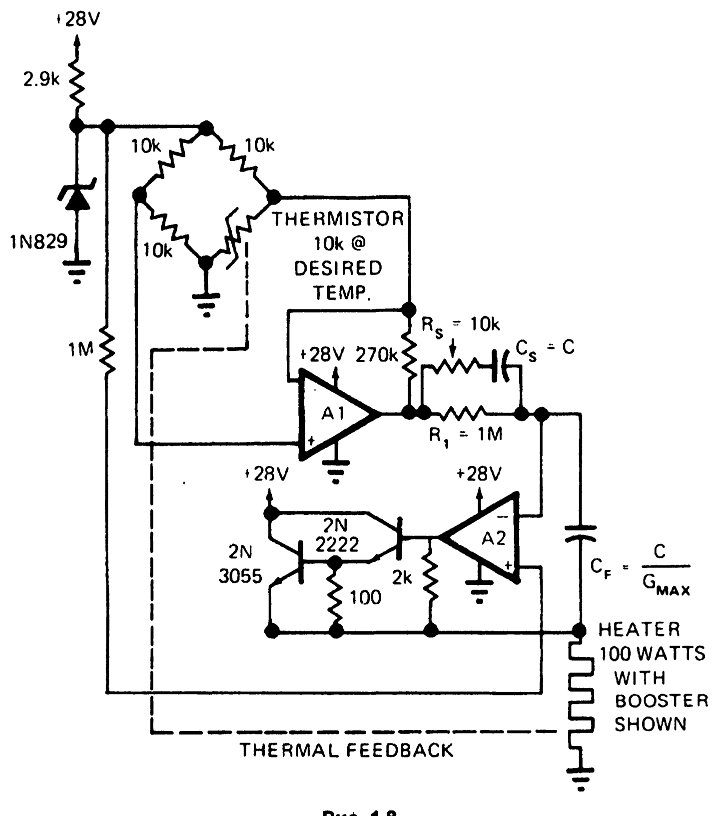


Рис. 1.8

Простой регулятор (рис. 1.8), содержащий измерительный мост с термистором и два операционных усилителя, регулирует температуру с очень высокой точностью и большим динамическим диапазоном, что необходимо при быстрых изменениях условий окружающей среды.

1.9. Регулятор с временным пропорциональным регулированием

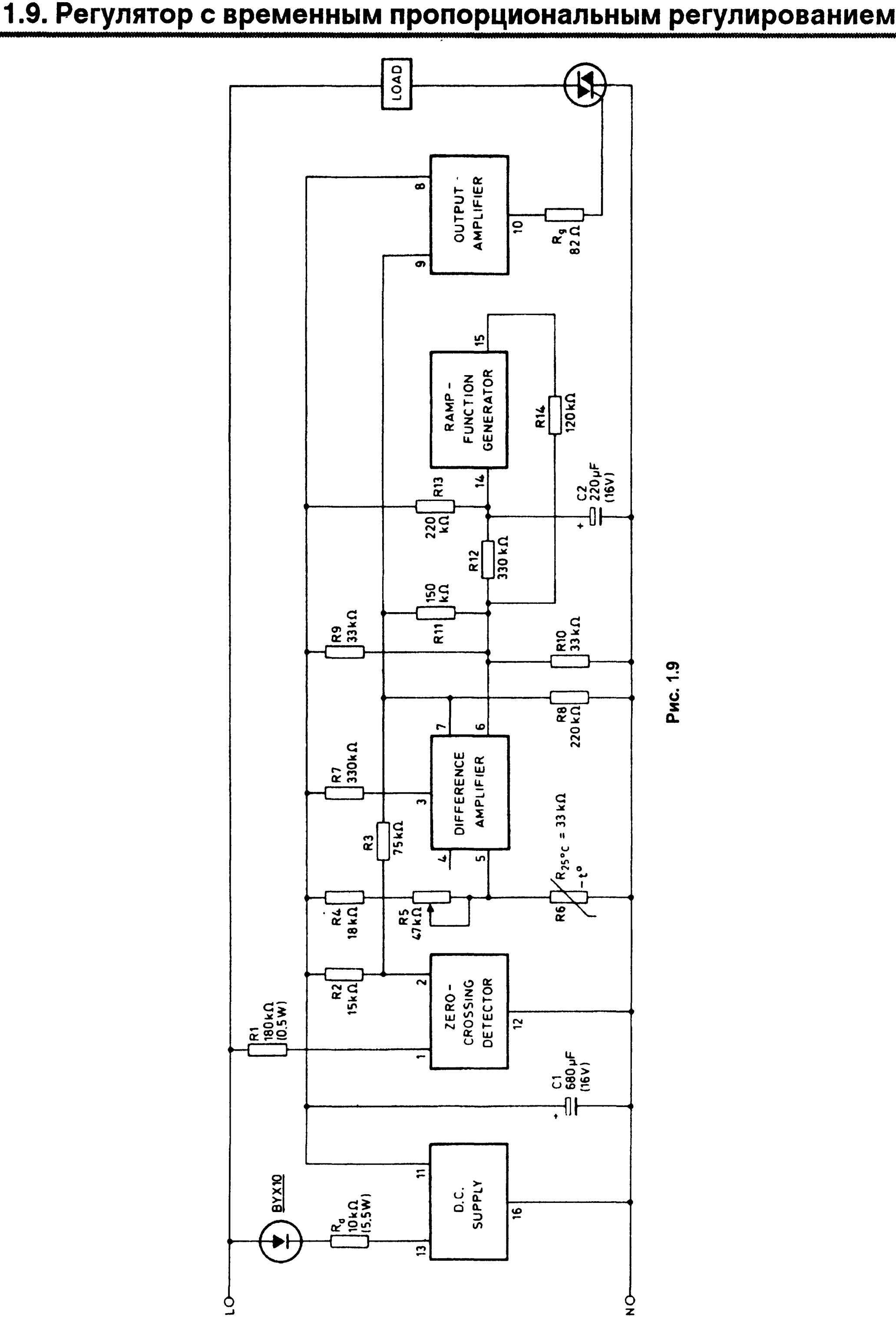


Рис. 1.9

Устройство (рис. 1.9) состоит из симистора и микросхемы, которая включает в себя источник питания постоянного тока, детектор перехода питающего напряжения через нуль, дифференциальный усилитель, генератор пилообразного напряжения и выходной усилитель. Устройство обеспечивает синхронное включение и выключение омической нагрузки. Управляющий сигнал получается при сравнении напряжения, получаемого от чувствительного к температуре измерительного моста из резисторов R_4 и R_5 и резистора с отрицательным температурным коэффициентом R_6, а также резисторов R_9 и R_{10} в другой цепи. Все необходимые функции реализованы в микросхеме TCA280A фирмы Mullard. Показанные значения действительны для симистора с током управляющего электрода 100 мА, для другого симистора значения номиналов резисторов R_d, R_g и конденсатора C_1 должны изменяться. Пределы пропорционального регулирования могут устанавливаться с помощью изменения значения резистора R_{12}. При проходе через нуль напряжения сети симистор будет переключаться. Период колебаний пилообразной формы составляет примерно 30 сек и может устанавливаться изменением емкости конденсатора C_2.

1.10. Регистратор разницы температур

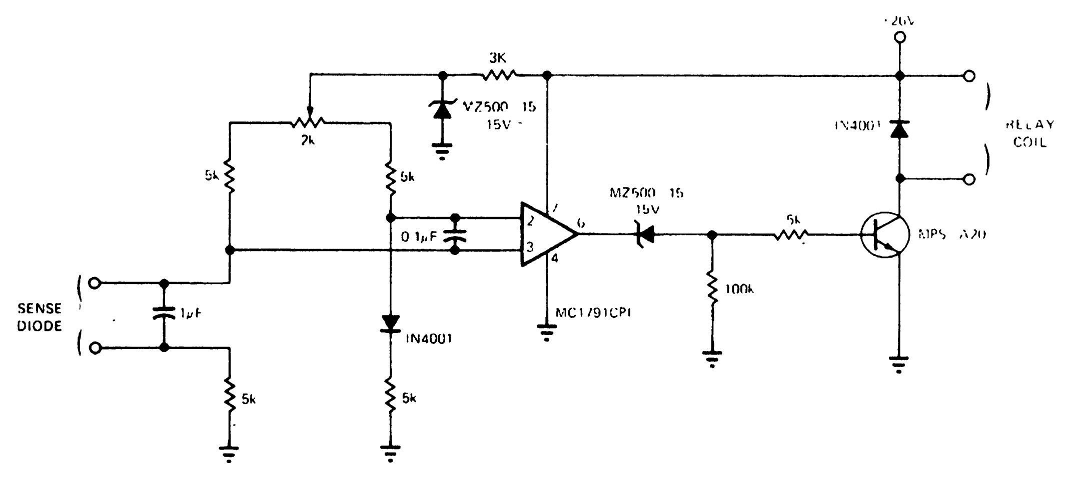


Рис. 1.10

Представленная простая схема (рис. 1.10) регистрирует разницу температур двух объектов, нуждающихся в использовании регулятора. Например, для включения вентиляторов, выключения нагревателя или для управления клапанами смесителей воды. Два недорогих кремниевых диода 1N4001, установленные в мост сопротивлений, используются как датчики. Температура пропорциональна напряжению между измерительным и опорным диодом, которое подается на выводы 2 и 3 операционного усилителя MC1791. Так как при разнице температур с выхода моста поступает только примерно 2 мВ/°C, то необходим операционный усилитель с высоким усилением. Если для нагрузки требуется более 10 мА, то необходим буферный транзистор.

1.11. Регулятор для термостата кварцевого резонатора

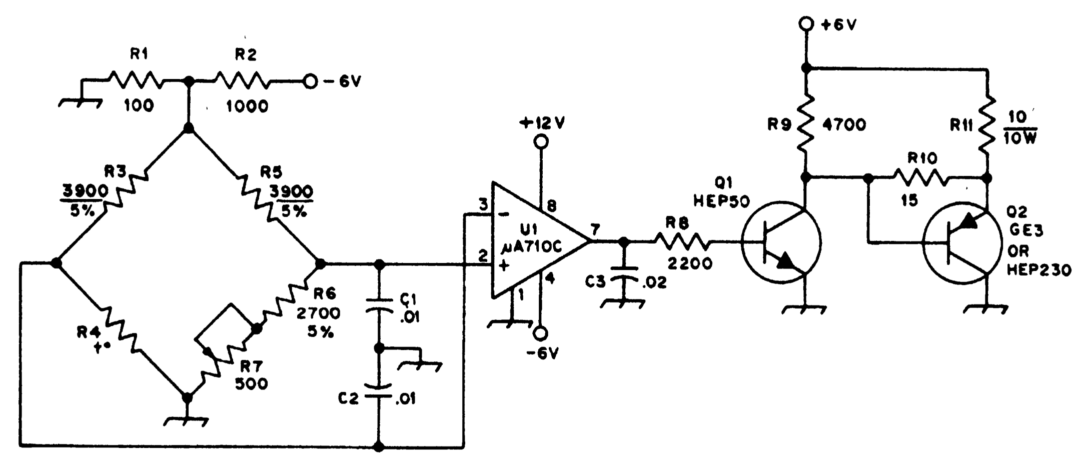


Рис. 1.11

При падении температуры ниже установленного значения разность напряжений, на измерительном мосте с терморезистором, регистрируется дифференциальным операционным усилителем, который открывает буферный усилитель на транзисторе Q1 (рис. 1.11) и усилитель мощности на транзисторе Q2. Рассеиваемая мощность транзистора Q2 и его нагрузки резистора R11 обогревают термостат. Терморезистор R4 (1D53 или 1D053 от фирмы National Lead) имеет номинальное сопротивление 3600 Ом при 50 °С. Делитель напряжения R1—R2 уменьшает входной уровень напряжения до необходимого значения и способствует тому, что терморезистор работает при малых токах, обеспечивающих малый разогрев. Все цепи моста, за исключением резистора R7, предназначенного для точной регулировки температуры, находятся в конструкции термостата.

1.12. Тиристорный регулятор с импульсно-фазовым управлением

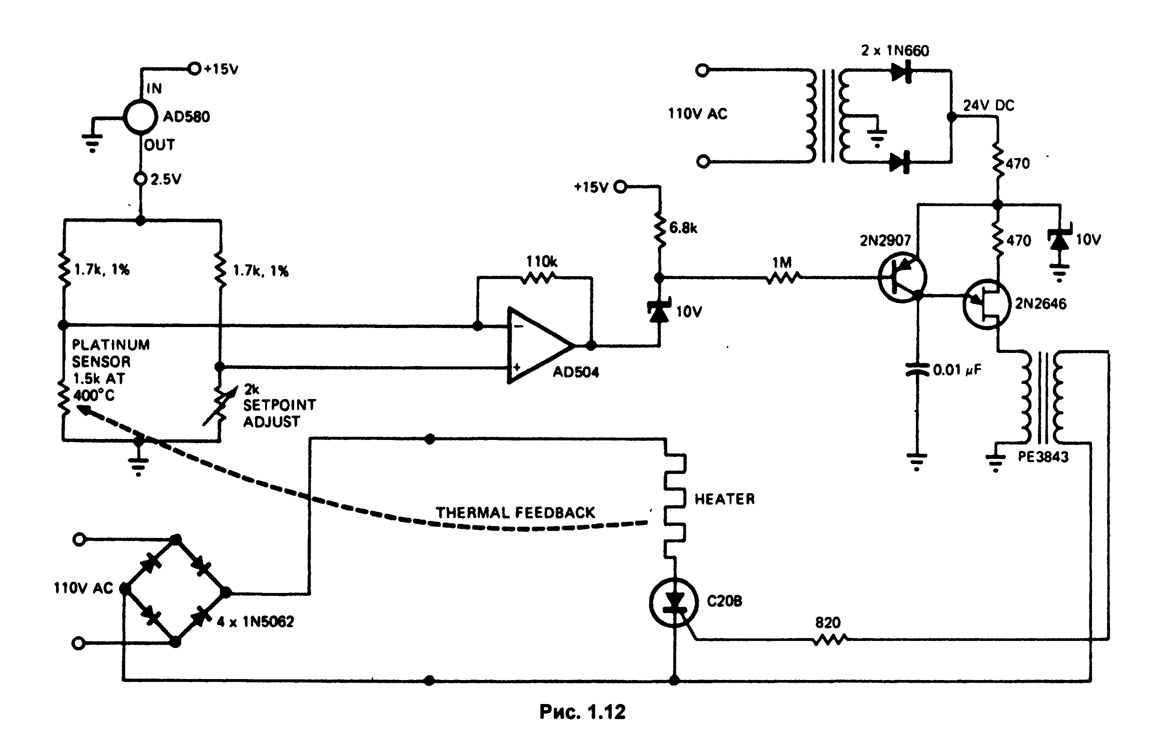


Рис. 1.12

Схема (рис. 1.12) осуществляет линейное регулирование температуры с точностью до 0,001 °С, с высокой мощностью и высокой эффективностью. Источник опорного напряжения на микросхеме AD580 питает мостовую схему преобразователя температуры, в которой платиновый измерительный резистор (PLATINUM SENSOR) работает в качестве датчика. Операционный усилитель AD504 усиливает выходной сигнал моста и управляет транзистором 2N2907, который, в свою очередь, управляет синхронизируемым с частотой 60 Гц генератором на однопереходном транзисторе. Этот генератор питает управляющий электрод тиристора через развязывающий трансформатор. Предварительная установка способствует тому, что тиристор включается в различных точках переменного напряжения, что необходимо для точной регулировки нагревателя. Возможный недостаток — возникновение помех высокой частоты, т. к. тиристор переключается посреди синусоиды.

1.13. Переключатель с малой мощностью рассеивания

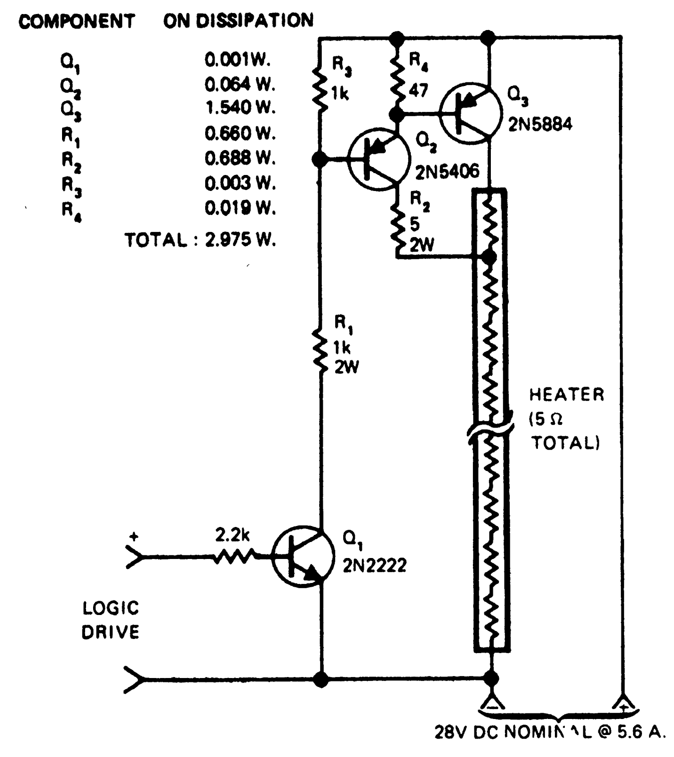


Рис. 1.13

Узел управления мощного транзисторного ключа (рис. 1.13) для нагрева инструментов мощностью 150 Вт использует отвод на нагревательном элементе, чтобы принудить переключатель на транзисторе Q_3 и усилитель на транзисторе Q_2 достичь насыщения и установить малую рассеиваемую мощность. Когда на вход транзистора Q_1 поступает положительное напряжение, транзистор Q_1 открывается и приводит транзисторы Q_2 и Q_3 в открытое состояние. Ток коллектора транзистора Q_2 и базовый ток транзистора Q_3 определяются резистором R_2. Падение напряжения на резисторе R_2 пропорционально напряжению питания, так что управляющий ток обладает оптимальным уровнем для транзистора Q_3 при большом диапазоне напряжения.

1.14. Термопара с переключателем, срабатывающем при переходе питающего напряжения через нуль

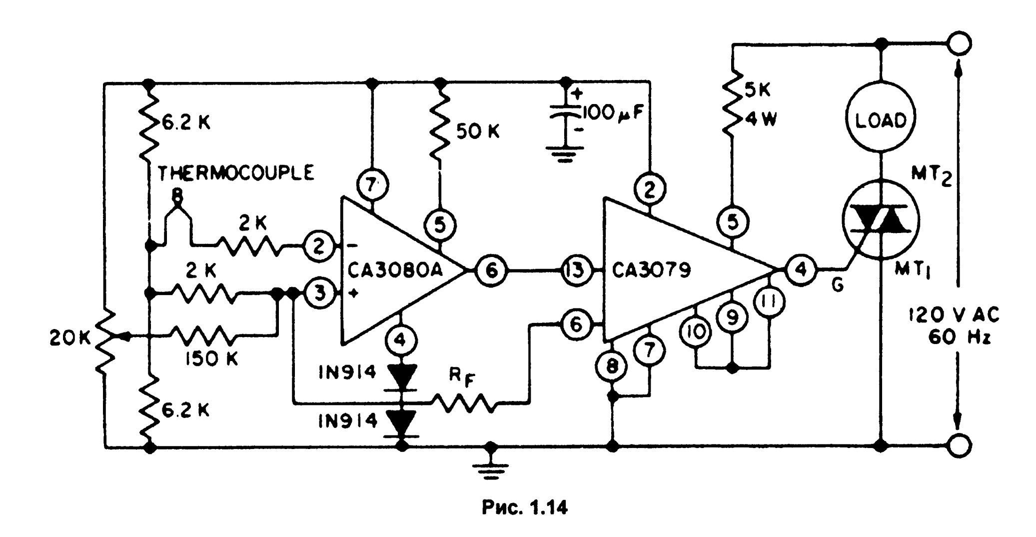


Рис. 1.14

Операционный усилитель CA3080A производства фирмы RCA (рис. 1.14) включает вместе термопару с переключателем, срабатывающем при проходе питающего напряжения через нуль и выполненным на микросхеме CA3079, который служит как триггер для симистора с нагрузкой переменного напряжения. Симистор нужно подбирать под регулируемую нагрузку. Напряжение питания для операционного усилителя некритично.

1.15. Регулятор для отопления помещения

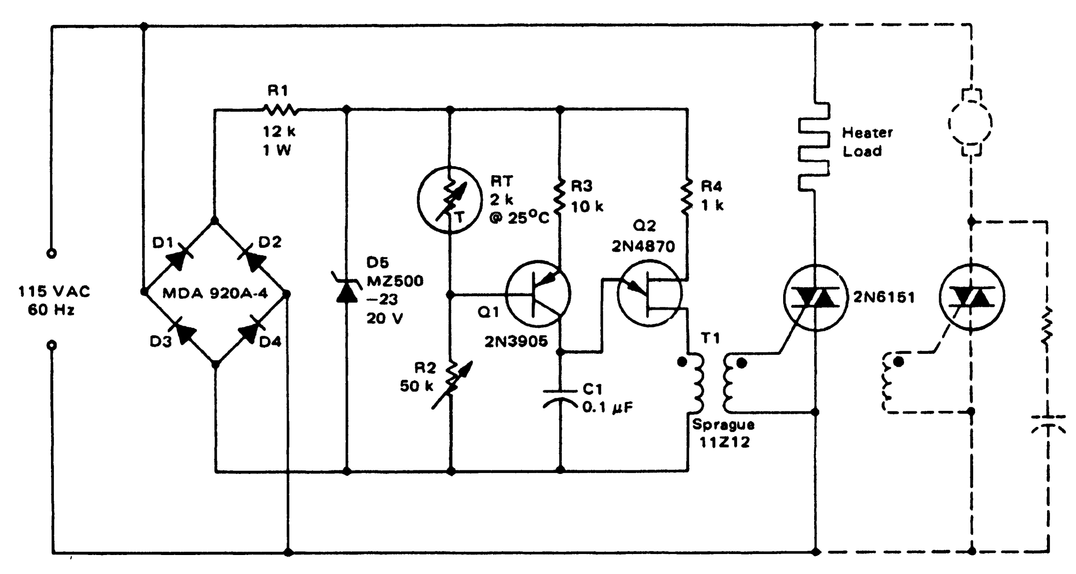


Рис. 1.15

При использовании фазового управления симистором ток нагрева сокращается постепенно, если происходит приближение к установленной температуре, что предотвращает большое отклонение от установленного значения. Сопротивление резистора R2 (рис. 1.15) регулируется так, чтобы транзистор Q1 при желаемой температуре был закрыт, тогда генератор коротких импульсов на транзисторе Q2 не функционирует и таким образом симистор больше не открывается. Если температура понижается, то сопротивление датчика RT увеличивается и транзистор Q1 открывается. Конденсатор C1 начинает заряжаться до напряжения открывания транзистора Q2, который лавинообразно открывается, формируя мощный короткий импульс, выполняющий включение симистора. Чем больше открывается транзистор Q1, тем быстрее заряжается емкость C1 и симистор в каждой полуволне переключается раньше и, вместе с тем, в нагрузке возникает большая мощность. Пунктирной линией представлена альтернативная схема для регулирования двигателя с постоянной нагрузкой, например с вентилятором. Для работы схемы в режиме охлаждения резисторы R2 и RT нужно поменять местами.

1.16. Термостат на температуру 75 °С для кварцевого резонатора

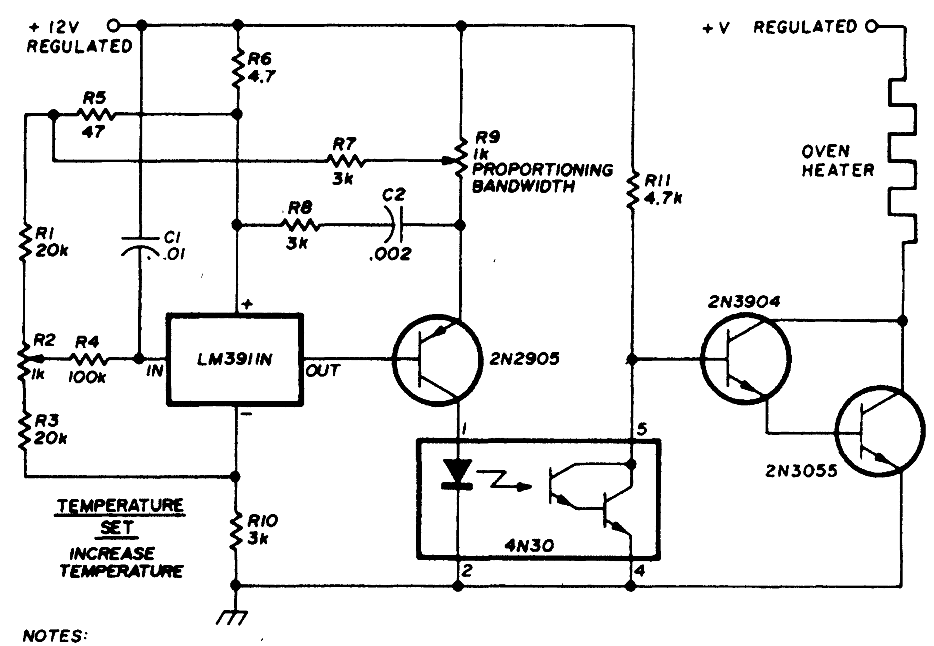


Рис. 1.16

Пропорциональный терморегулятор (рис. 1.16), использующий микросхему LM3911 от фирмы National, устанавливает постоянную температуру кварцевого термостата на уровне 75 °С с точностью ±0,1 °С и улучшает стабильность кварцевого генератора, который часто используется в синтезаторах и цифровых счетчиках. Отношение импульс/пауза прямоугольного импульса на выходе (отношение времени включения/выключения) изменяется в зависимости от температурного датчика в ИС и напряжения на инверсном входе микросхемы. Изменения продолжительности включения микросхемы изменяют усредненный ток включения нагревательного элемента термостата таким образом, что температура приводится к заданной величине. Частота прямоугольного импульса на выходе ИС определяется резистором R4 и конденсатором C1. Оптрон 4N30 открывает мощный составной транзистор, у которого в цепи коллектора имеется нагревательный элемент. Во время подачи положительного прямоугольного импульса на базу транзисторного ключа последний переходит в режим насыщения и подключает нагрузку, а при окончании импульса отключает ее.

1.17. Регулятор температуры для ванны с точностью до 0,000075 °C

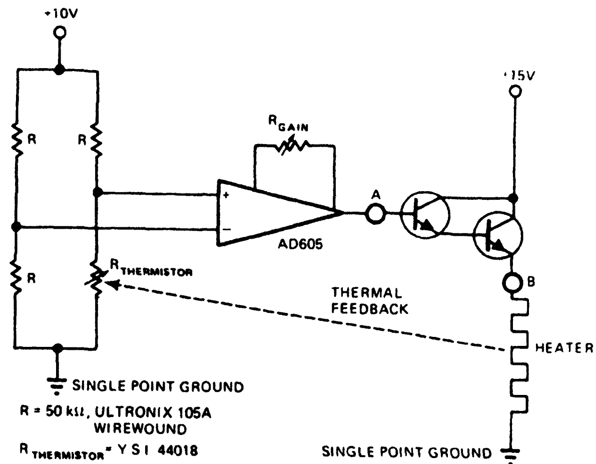


Рис. 1.17

Регулятор (рис. 1.17) поддерживает температуру печи или ванны с высокой стабильностью на уровне 37,5 °С. Рассогласование измерительного моста регистрируется измерительным операционным усилителем AD605 с высоким коэффициентом подавления синфазной составляющей, низким дрейфом и симметричными входами. Составной транзистор с объединенными коллекторами (пара Дарлингтона) осуществляет усиление тока нагревательного элемента. Транзисторный ключ (PASS TRANSISTOR) должен принимать всю мощность, которая не подводится к нагревательному элементу. Чтобы справляться с этим, большая схема следящей системы подключается между точками "А" и "В", чтобы установить постоянно 3 В на транзисторе без учета напряжения, требуемого для нагревательного элемента. Выходной сигнал операционного усилителя 741 сравнивается в микросхеме AD301A с напряжением пилообразной формы, синхронным с напряжением сети частотой 400 Гц. Микросхема AD301A работает как широтно-импульсный модулятор, включающий транзисторный ключ 2N2219—2N6246. Ключ предоставляет управляемую мощность конденсатору емкостью 1000 мкФ и транзисторному ключу (PASS TRANSISTOR) терморегулятора.

1.18. Нагреватель с фазовым регулированием и без электромагнитных помех

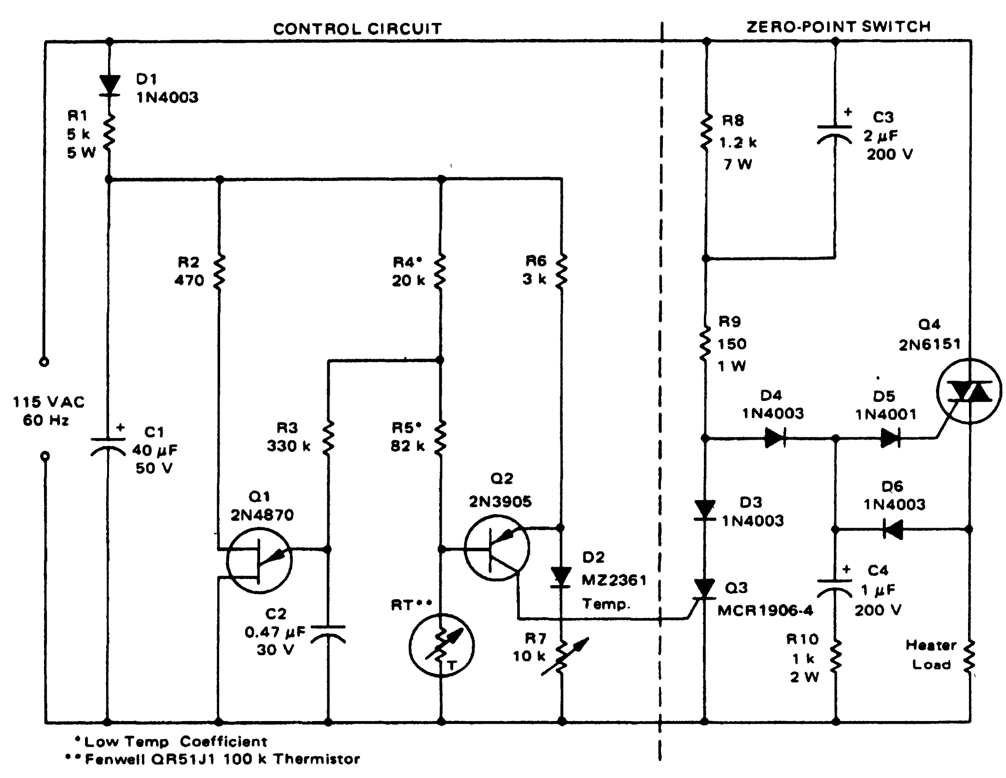


Рис. 1.18

Схема переключателя, срабатывающего при проходе напряжения сети через нуль (ZERO-POINT SWITCH) (рис. 1.18), устраняет электромагнитные помехи, которые возникают при фазовом управлении нагрузкой. Для точного регулирования температуры электронагревательного прибора используется пропорциональное включение/выключение семистора. Схема, справа от штриховой линии, представляет собой переключатель, срабатывающий при проходе через нуль питающего напряжения, который включает симистор почти непосредственно после прохода через нуль каждой полуволны напряжения сети. Сопротивление резистора R7 устанавливается таким, чтобы измерительный мост в регуляторе был уравновешен для желаемой температуры. Если температура превышена, то сопротивление позистора RT уменьшается и открывается транзистор Q2, который включает управляющий электрод тиристора Q3. Тиристор Q3 включается и замыкает накоротко сигнал управляющего электрода симистора Q4 и нагрузка отключается. Если температура понижается, то транзистор Q2 закрывается, тиристор Q3 отключается, а к нагрузке поступает полная мощность. Пропорционального управления достигают подачей пилообразного напряжения, формируемого транзистором Q1, через резистор R3 на цепь измерительного моста, причем период пилообразного сигнала — это сразу 12 циклов частоты сети. От 1 до 12 этих циклов могут вставляться в нагрузку и, таким образом, мощность может модулироваться от 0—100 % с шагом 8 %.

1.19. Датчик для тепловых циклов

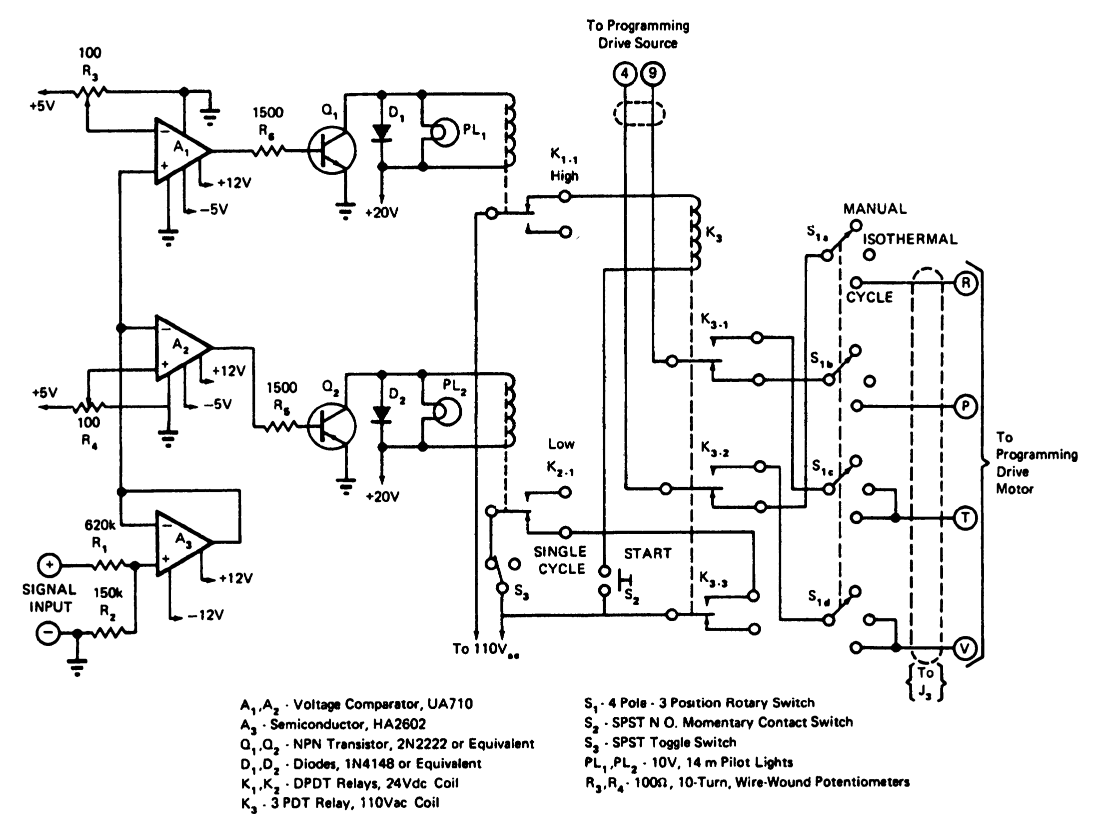
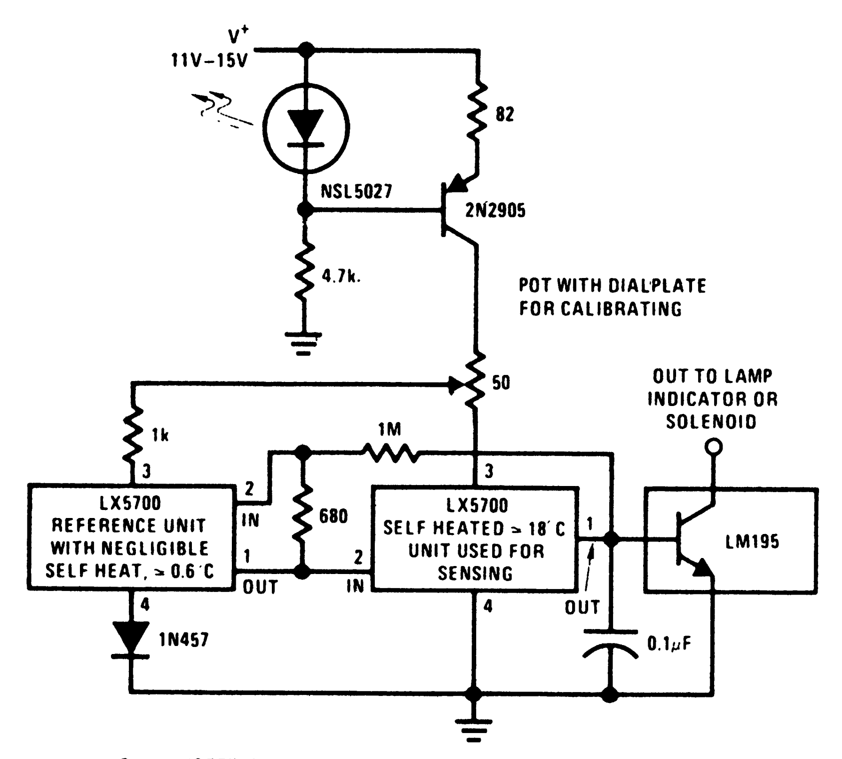


Рис. 1.19

Схема устройства (рис. 1.19) позволяет оператору устанавливать верхние и нижние границы температуры для регулятора, что бывает необходимо при продолжительных тепловых испытаниях свойств материала. Конструкция переключателя дает возможность для выбора способов управления: от ручного до полностью автоматизированных циклов. С помощью контактов реле K_3 управляют двигателем. Когда реле включено, двигатель вращается в прямом направлении с целью повышения температуры. Для понижения температуры направление вращения двигателя меняется на противоположное. Условие переключения реле K_3 зависит от того, какое из ограничительных реле было включено последним, K_1 или K_2. Схема управления проверяет выход программатора температуры. Этот входной сигнал постоянного тока будет уменьшен резисторами R_1 и R_2 максимально на 5 В и усилен повторителем напряжения A_3. Сигнал сравнивается в компараторах напряжения A_1 и A_2 с непрерывно изменяющимся эталонным напряжением от 0 до 5 В. Пороги компараторов предварительно устанавливаются 10-оборотными потенциометрами R_3 и R_4. Транзистор Q_1 закрыт, если сигнал на входе ниже опорного сигнала. Если входной сигнал превосходит опорный сигнал, то транзистор Q_1 отрывается и возбуждает катушку реле K_1 верхнего предельного значения.

1.20. Детектор разницы температур



Output "OFF" if sensing unit becomes hot, i.e., out of liquid or airstream.
Reference unit is 1 inch from the sensing unit in airstreams, and below the sensor in liquid sensing systems.

Рис. 1.20

Пара преобразователей температуры LX5700 от фирмы National (рис. 1.20) выдает выходное напряжение, которое пропорционально разнице температуры между обоими преобразователями и используется для измерения градиента температуры в таких процессах, как, например, распознавание отказа вентилятора охлаждения, распознавание движения охлаждающего масла, а также для наблюдения за другими явлениями в охлаждающих системах. С измерительным преобразователем, находящимся в горячей среде (вне охлаждающей жидкости или в покоящемся воздухе более 2 мин), 50-омный потенциометр должен устанавливаться таким образом, чтобы выход выключался. Тогда как с преобразователем в прохладной среде (в жидкости или в подвижном воздухе продолжительностью 30 сек) должно находиться положение, при котором выход включается. Эти установки перекрываются между собой, но окончательная установка между тем дает в итоге достаточно стабильный режим.

1.21. Регулятор температуры нагревателя печи с точностью до 0,0000033 °C

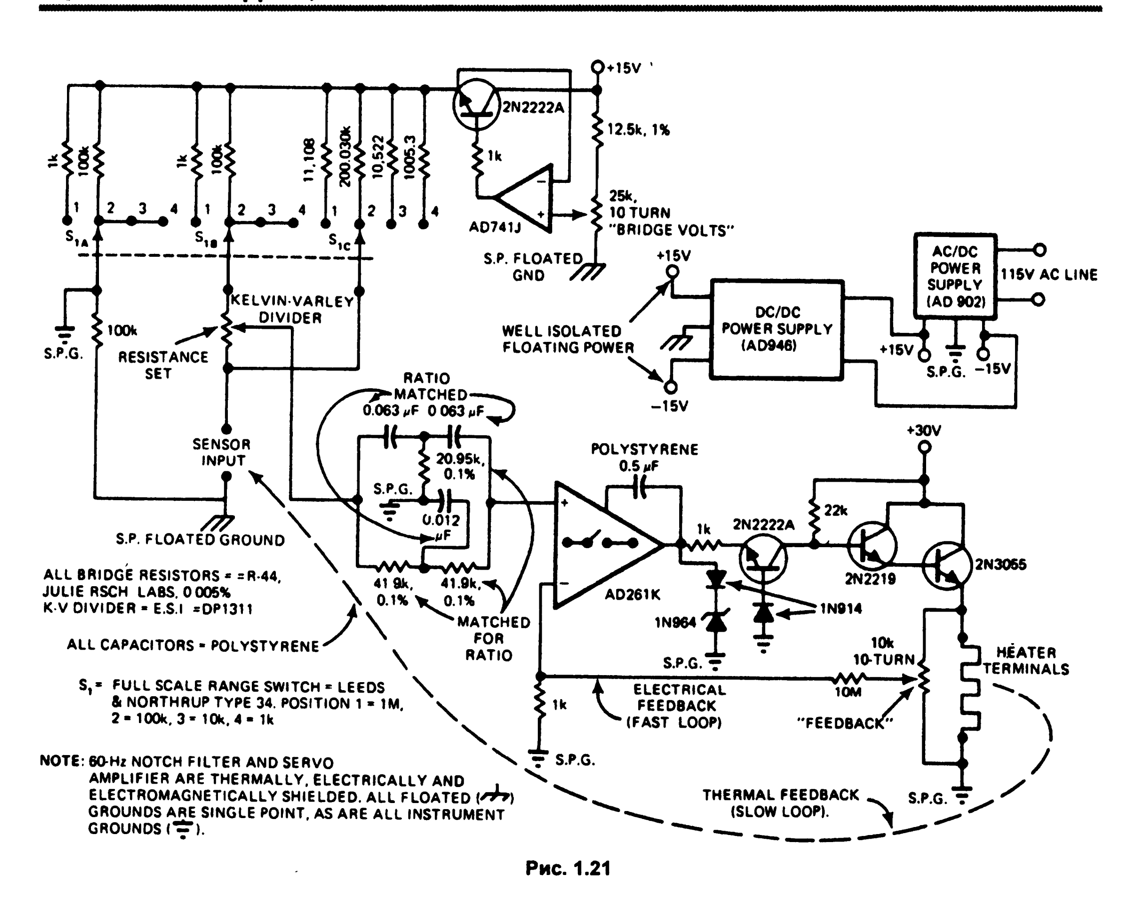


Рис. 1.21

В схеме (рис. 1.21) используется высокоскоростной изолированный усилитель AD261K для высокоточного регулирования температуры лабораторной печи. Многодиапазонный мост содержит датчики с сопротивлением от 10 Ом до 1 мОм с делителями Кельвина—Варлея (Kelvin-Varley), которые используются для предварительного выбора точки управления. Выбор точки правления осуществляется с помощью переключателя на 4 положения. Для питания моста допускается применение неинвертирующего стабилизируемого усилителя AD741J, не допускающего синфазной погрешности напряжения. Пассивный фильтр на 60 Гц подавляет помехи на входе усилителя AD261K, который питает транзистор 2N2222A. Далее питание поступает на пару Дарлингтона и подводится 30 В к нагревательному элементу.

1.22. Регулятор, использующий измерительный мост с позистором

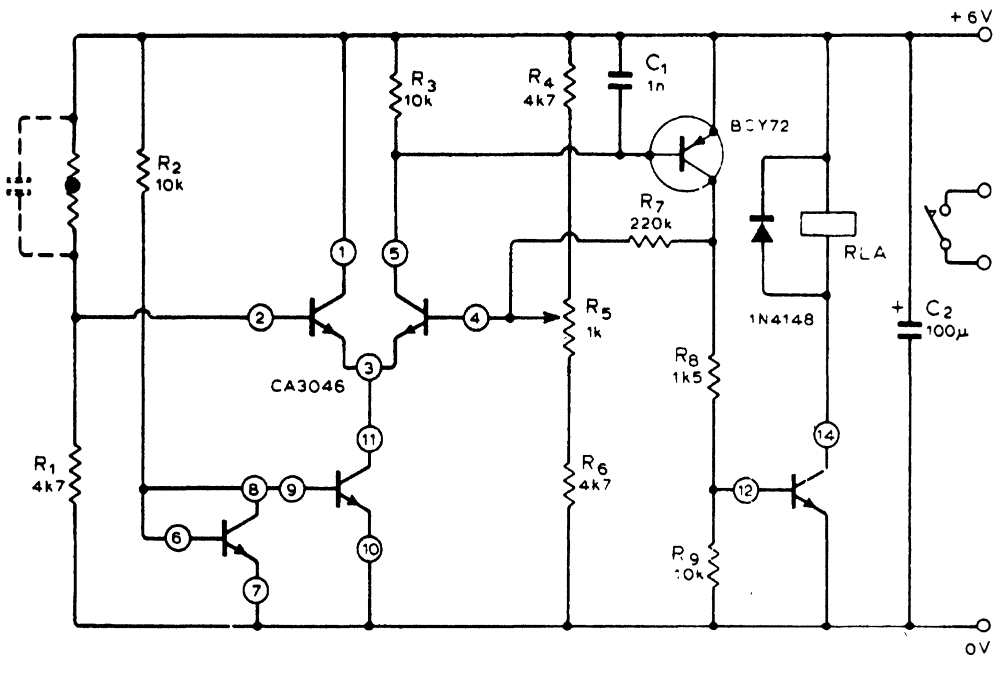


Рис. 1.22

Измерительный мост (рис. 1.22) образуется позистором (резистором с положительным температурным коэффициентом) и резисторами R_1 R_4, R_5, R_6. Сигнал, снимаемый с моста, усиливается микросхемой CA3046, которая в одном корпусе содержит 2 спаренных транзистора и один отдельный выходной транзистор. Положительная обратная связь через резистор R_7 предотвращает пульсации, если достигнута точка переключения. Резистором R_5 устанавливается точная температура переключения. Если температура опускается ниже установленного значения, то реле RLA включается. Для противоположной функции должны меняться местами только позистор и R_1. Значение резистора R_1 выбирается так, чтобы приблизительно достичь желаемой точки регулировки.

1.23. Опережающий регулятор

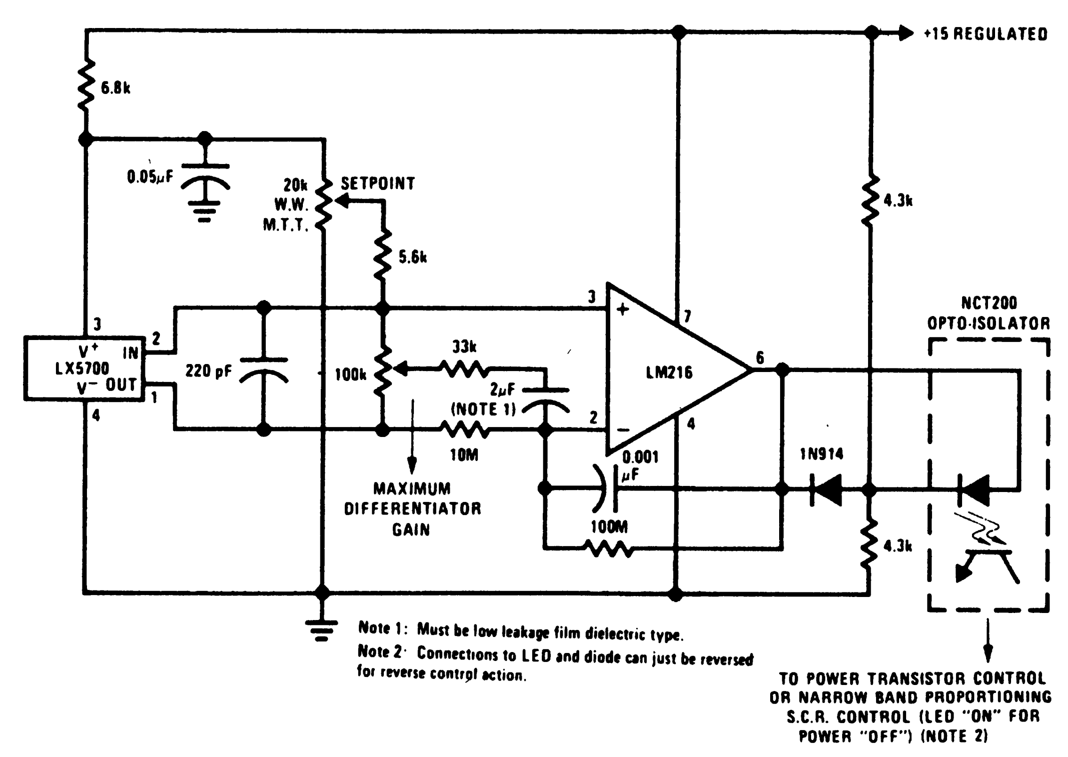


Рис. 1.23

Схема регулятора (рис. 1.23) добавляет множество стадий опережающего сигнала к нормально усиленному выходу температурного датчика LX5700 от фирмы National, чтобы, по меньшей мере, частично компенсировать измерительные задержки. Коэффициент усиления по постоянному напряжению операционного усилителя LM216 будет установлен на значение, равное 10, с помощью резисторов с сопротивлением 10 и 100 мОм, что дает в итоге 1 В/°С на выходе операционного усилителя. Выход операционного усилителя активирует оптрон, который управляет обычным терморегулятором.

1.24. Коррекция перегрузки

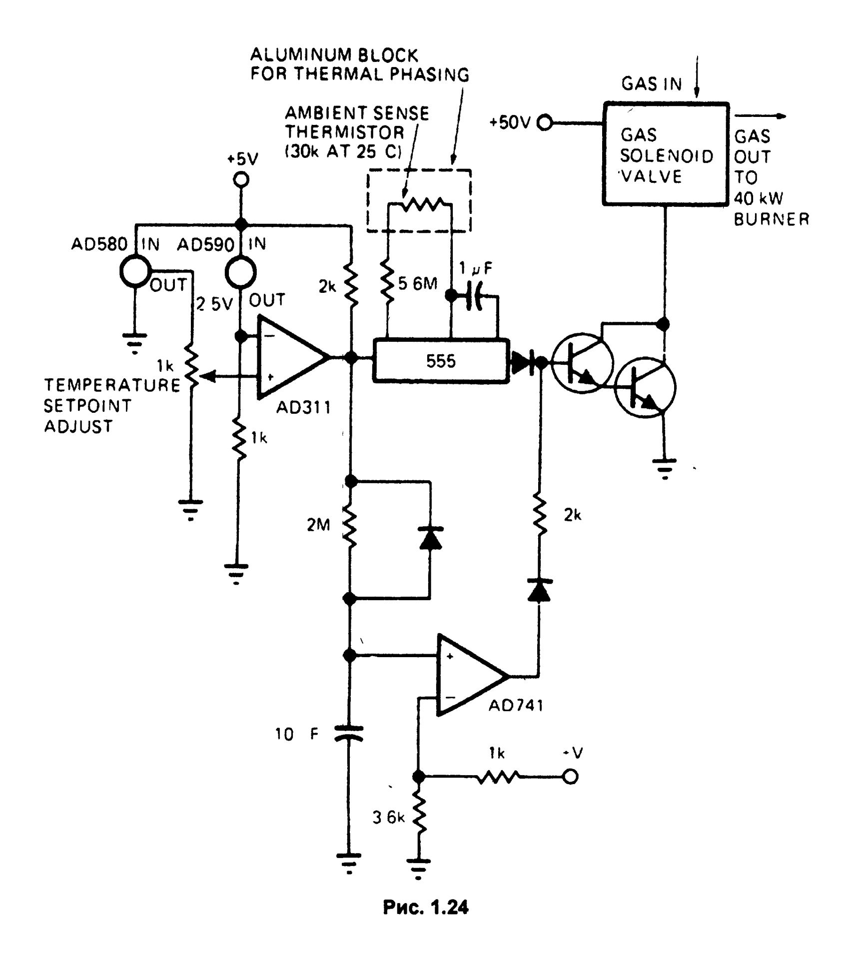


Рис. 1.24

Схема (рис. 1.24) используется для регулирования температуры в установке промышленного отопления, работающей на газе и обладающей высокой тепловой мощностью. Когда операционный усилитель-компаратор AD311 переключается при требуемой температуре, то запускается одновибратор 555, выходной сигнал которого открывает транзисторный ключ, а следовательно, включает газовый вентиль и зажигает горелку отопительной системы. По истечении одиночного импульса горелка выключается, несмотря на состояние выхода операционного усилителя. Постоянная времени таймера 555 компенсирует задержки в системе, при которой нагрев выключается, прежде чем датчик AD590 достигает точки переключения. Позистор, включенный во времязадающую цепь одновибратора 555, компенсирует изменения постоянной времени таймера из-за изменений температуры окружающей среды. При включении питания во время процесса запуска системы сигнал, формируемый операционным усилителем AD741, минует таймер и включает нагрев отопительной системы, при этом схема имеет одно устойчивое состояние.

1.25. Термостат для кварцевого резонатора

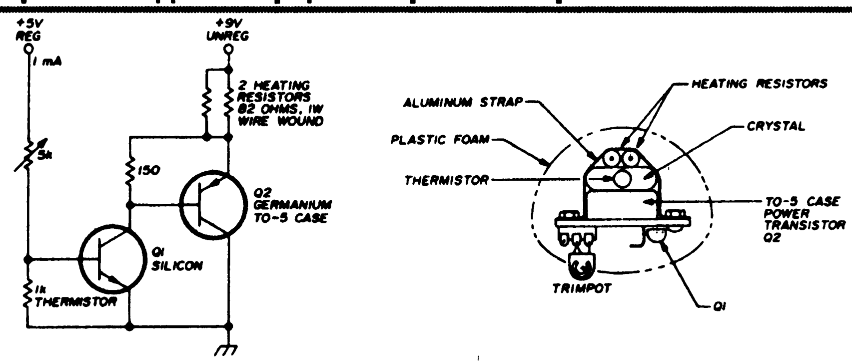


Рис. 1.25

Все компоненты терморегулятора находятся на корпусе кварцевого резонатора (рис. 1.25), таким образом, максимальная рассеиваемая мощность резисторов 2 Вт служит для того, чтобы поддерживать температуру в кварце. Позистор имеет при комнатной температуре сопротивление около 1 кОм. Типы транзистора некритичны, но должны иметь низкие токи утечки. Ток позистора примерно от 1 мА должен быть гораздо больше, чем ток базы 0,1 мА транзистора Q1. Если в качестве Q2 выбрать кремниевый транзистор, то нужно повысить 150-омное сопротивление до 680 Ом.

1.26. Регулятор с компаратором на операционном усилителе с точностью до 0,01 °С

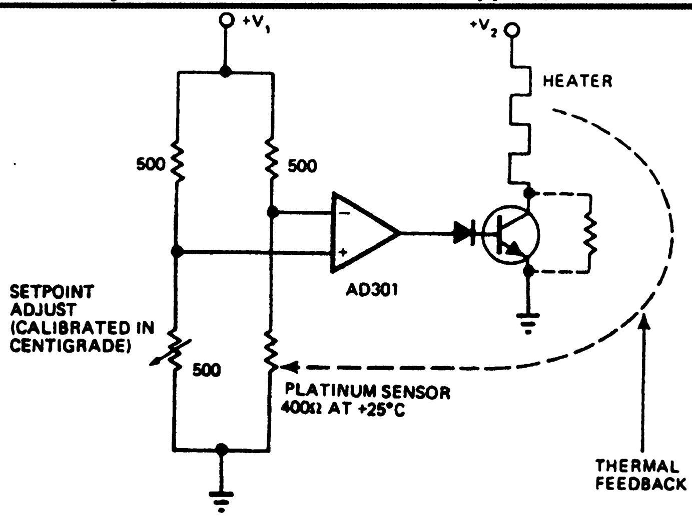
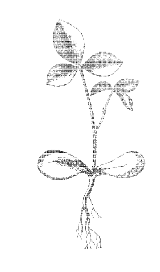


Рис. 1.26

В мостовой схеме регулятора (рис. 1.26) используется платиновый датчик. Сигнал с моста снимается операционным усилителем AD301, который включен как дифференциальный усилитель-компаратор. В холодном состоянии сопротивление датчика менее 500 Ом, при этом выход операционного усилителя приходит в насыщение и дает положительный сигнал на выходе, который открывает мощный транзистор и нагревательный элемент начинает греться. По мере нагревания элемента растет и сопротивление датчика, которое возвращает мост в состояние уравновешивания, и нагрев выключается.



2. Схемы измерения температуры

Преобразование температуры в частоту, напряжение или другие параметры для использования в измерительных приборах или цифровых индикаторах, которые показывают результат измерения с нужной точностью. В раздел включены: измерительные приборы для измерения низких температур, измерения скорости воздушного потока, датчики положения, мультиплексоры для термоэлементов (термопар).

2.1. Усилитель для термоэлемента

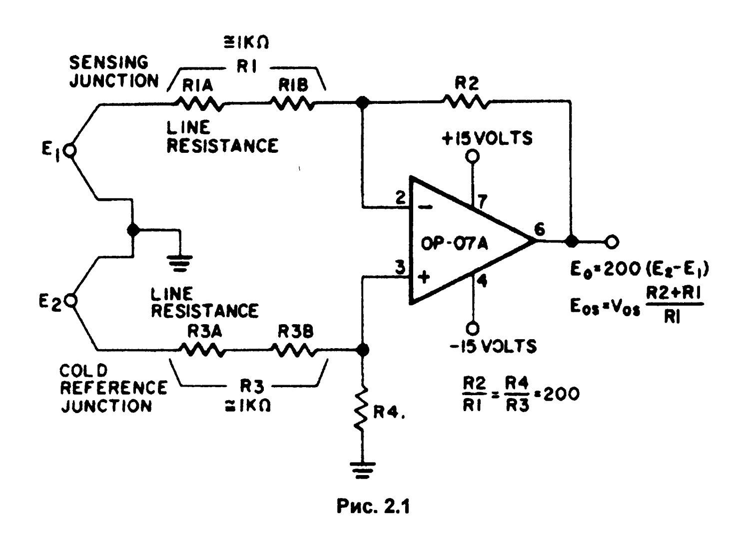


Рис. 2.1

У прецизионного операционного усилителя OP-07A (рис. 2.1) производства фирмы Precision Monolithics имеется высокий коэффициент подавления синфазной составляющей, малый ток утечки, долговременная температурная стабильность, необходимая для приложений с использованием термоэлементов, полный размах сигнала которых составляет не более 50 мВ, в промышленной среде с помехами. Если отношения R2 / R1 и R4 / R3 подобраны в пределах 0,01 %, то коэффициент ослабления синфазного сигнала составляет 100 дБ при полном диапазоне ±13 В. Схема может использоваться во многих других приложениях, где низкочастотные сигналы слабых источников должны усиливаться при наличии больших синфазных сигналов.

2.2. Термометр на 70—80 °C

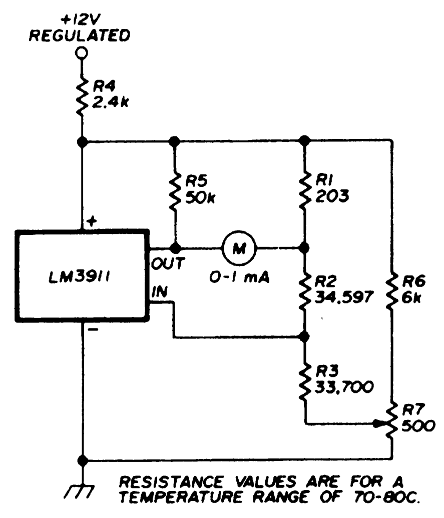


Рис. 2.2

В схеме термометра (рис. 2.2) используется микросхема LM3911 от фирмы National со встроенным температурным датчиком. Если отсутствует термометр для калибровки, то потенциометр R7 должен устанавливаться в среднее положение. Схема может применяться для контроля температуры в термостате кварцевого резонатора. Если постоянно присоединенный прибор не требуется, то вместо него в схеме можно предусмотреть контрольные точки для подключения мультиметра.

2.3. Электронный термометр с транзисторным датчиком

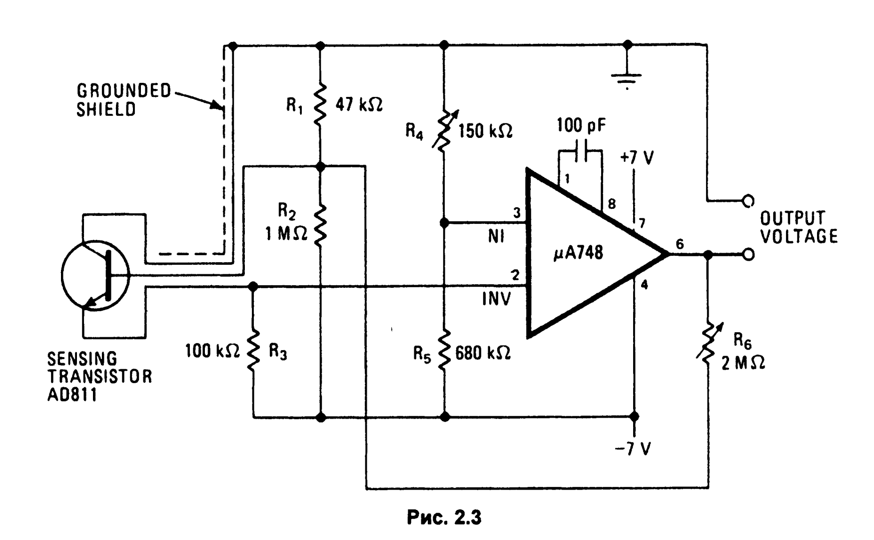


Рис. 2.3

Применение биполярного питания для операционного усилителя делает схему электронного термометра (рис. 2.3) совершенно линейной, даже при низких температурах. Точность измерения температуры составляет ±0,05 °C. Нулевая точка устанавливается с помощью резистора R_4, а усиление — резистором R_6.

2.4. Термометр для измерения температур в диапазоне от –125 до +200 °C с точностью до 1°

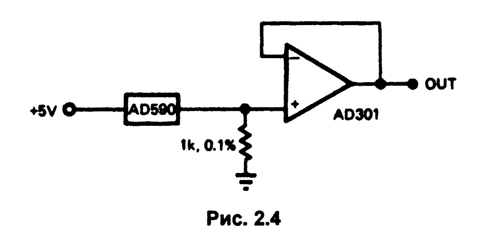


Рис. 2.4

Применение в схеме (рис. 2.4) температурного датчика-микросхемы AD590, который корректируется при производстве, дает в итоге возможность получить большой диапазон измеряемой температуры с использованием минимального количества элементов. Кроме того, других диапазонов температуры можно достичь задавая смещение в буферном операционном усилителе AD301.

2.5. Термометр с использованием позистора

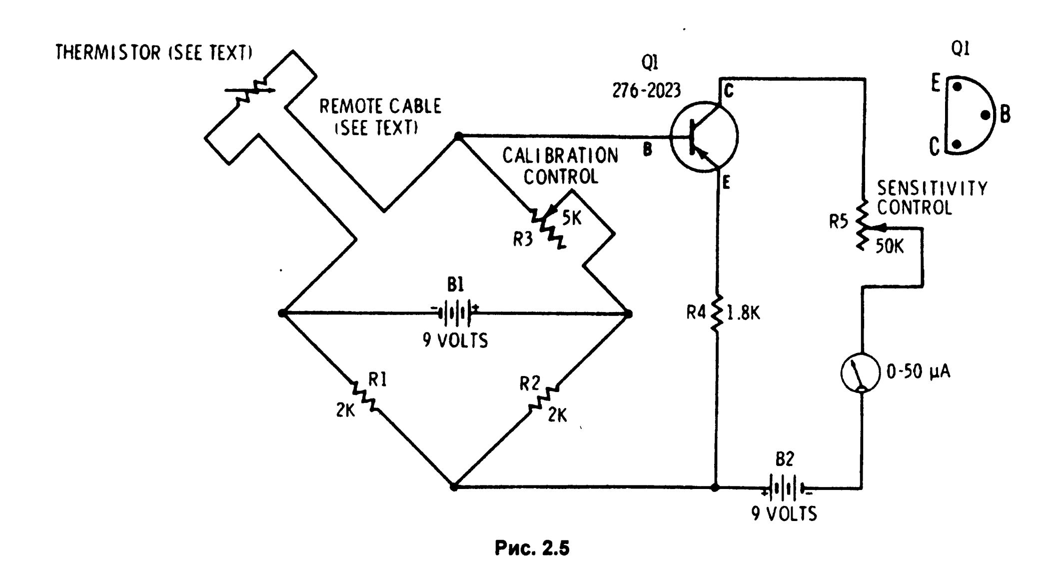


Рис. 2.5

Позистор для измерения необходимого диапазона температуры находится в цепи измерительного моста Уитстона (рис. 2.5), выходной сигнал которого усиливается транзистором и отображается откалиброванным микроамперметром. Может применяться также для целей регулировки, если применить дополнительный усилитель и реле вместо измерительного прибора. Кабель для подключения позистора в качестве датчика может быть обычным, параллельным или скрученным. Для калибровки прибора позистор погружается в воду при различных температурах. Температуру воды измеряют при помощи обыкновенного термометра с высокой точностью. Настройка прибора выполняется резисторами R3 и R5.

2.6. Цифровой 5-разрядный термометр

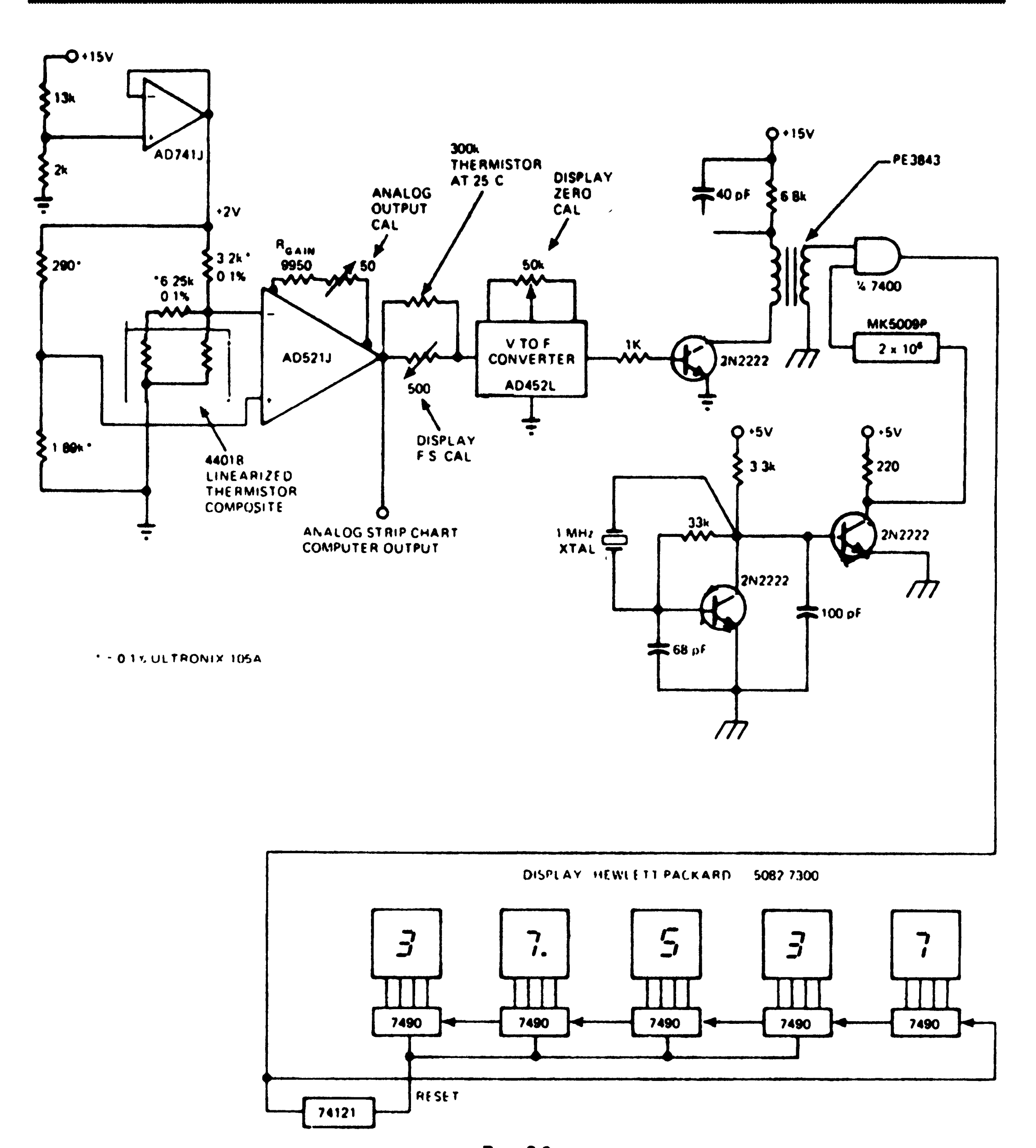


Рис. 2.6

Преобразователь температура-напряжение-частота термометра (рис. 2.6) включая цифровой индикатор, который имеет разрешающую способность 0,001 °С, обладает абсолютной точностью 0,15 °С. Сигнал от линеаризованного позистора подается на инверсный вход измерительного усилителя AD521J, в то же время на не инвертирующий вход подается сигнал от источника опорного напряжения. Усиленный аналоговый сигнал поступает на преобразователь напряжение-частота на микросхеме AD452L. Импульсы преобразователя, длительность которых зависит от измеряемой температуры, усиливаются и поступают на один из элементов микросхемы 7400. За время действия этого положительного импульса на выход элемента 7400 проходит некоторое количество измерительных импульсов с частотой 1 МГц от кварцевого генератора. Импульсы с выхода логического элемента И поступают на цифровой 5-разрядный индикатор для отображения измеренной температуры. Аналоговый выходной сигнал с микросхемы AD521J может непосредственно подключаться к записывающему устройству или компьютеру.

2.7. Датчик разницы температур

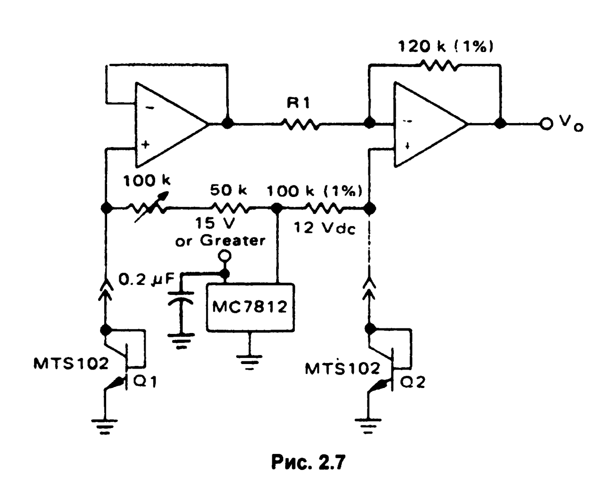


Рис. 2.7

Схема (рис. 2.7) реагирует на разницу температур высокоточных кремниевых температурных датчиков MTS102 с диапазоном от –40 до +150 °С. Когда у датчиков одинаковая температура, потенциометр на 100 кОм регулируется так, чтобы на выходе было 0,000 В. Тип операционных усилителей, используемых в схеме, не критичен. Резистор R1 — 27 кОм для измерений в градусах по шкале Цельсия или Кельвина и 15 кОм по шкале Фаренгейта.

2.8. Термометр с двухцветным красно-зеленым светодиодным индикатором

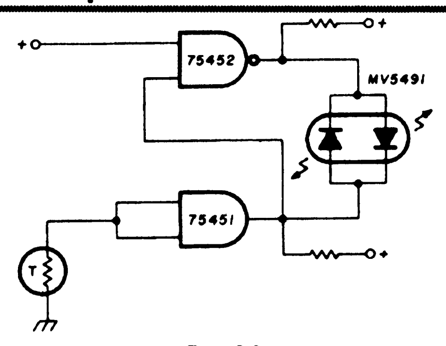


Рис. 2.8

Для настройки схемы термометра (рис. 2.8) параллельно к позистору добавляется сопротивление, с помощью которого устанавливается такое его значение, при котором должен загореться светодиод одного цвета, когда желаемая температура будет достигнута, и другого цвета, если температура слишком низка. В схеме используется красно-зеленый светодиод MV5491 компании Monsanto с питанием +5 В. Сопротивление верхнего по схеме резистора используется на 220 Ом, а для нижнего — 100 Ом, т. к. для двуполярного красно-зеленого светодиода необходимо различное напряжение.

2.9. Преобразователь температуры в диапазоне 0—100 °F в частоту в пределах 0—1 кГц

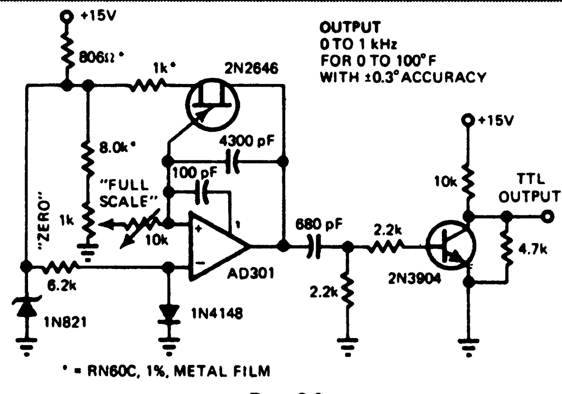


Рис. 2.9

Схема (рис. 2.9) осуществляет преобразование температура-частота для устройств, которые имеют цифровой вход. Температурным датчиком является диод 1N4148 с температурным коэффициентом 2,2 мВ/°С, который управляет операционным усилителем с релаксационным генератором в обратной связи. Стабилитрон 1N821 стабилизирует напряжение при изменении напряжения питания. Выходная дифференцирующая цепь с конденсатором емкостью 680 пФ и резистором 2,2 кОм формирует на выходе операционного усилителя короткий (400 нс) импульс, по заднему фронту отрицательного импульса которого открывается транзистор, выполняющий роль инвертирующего усилителя для получения сигнала ТТЛ-уровня на выходе схемы. Точность преобразователя составляет 0,3 °F.

2.10. Схема установки нуля на выходе термометра

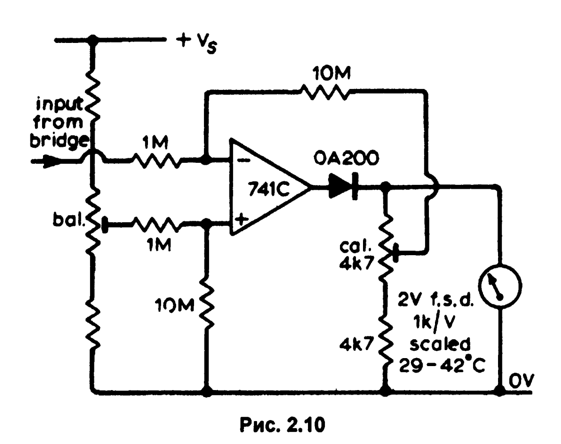


Рис. 2.10

Выход измерительного моста для измерения температуры подключен к инвертирующему входу операционного усилителя схемы (рис. 2.10). Неинвертирующий вход может использоваться для того, чтобы устанавливать нуль на измерительном приборе, если диапазон температуры составляет 29—42 °C. Калибровка схемы проводится так, чтобы достичь усиления в 17,2 для возможности непосредственного отсчета на измерительном приборе.

2.11. Преобразователь температура-частота

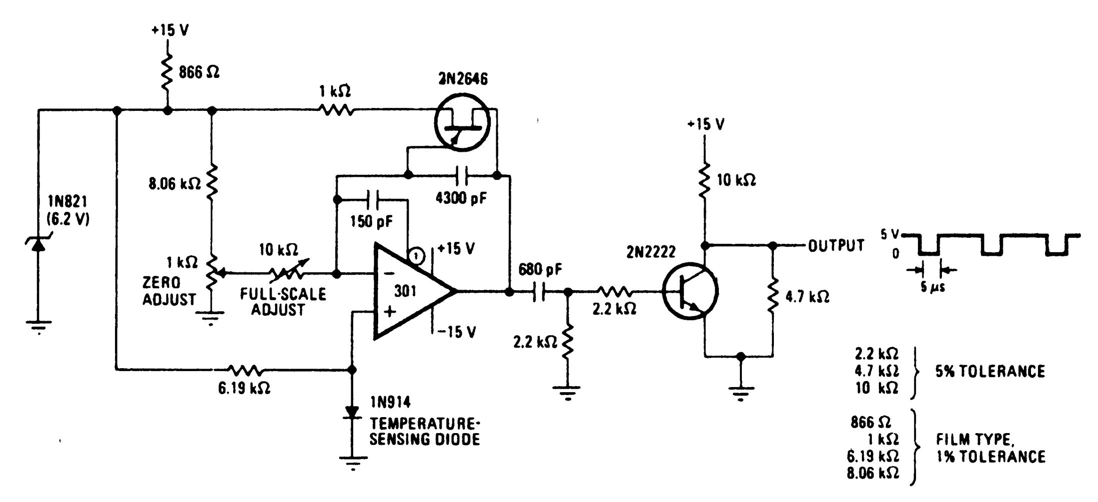


Рис. 2.11

Схема (рис. 2.11) функционирует, как преобразователь напряжение-частота. Частота релаксационного генератора изменяется линейно в диапазоне 0—1000 Гц при изменении температуры 0—100 °С. В схеме применяется температурно-зависимый диодный датчик 1N914. Частотомер, подключенный на выходе схемы, может показывать температуру с точностью ±0,3 °С. Калибровку преобразователя следует проводить при 100 и 0 °С до тех пор, пока на регулировке не будет сказываться взаимное влияние. Частота импульсов на выходе соответствует 10-кратной температуре, измеренной в градусах Цельсия.

2.12. Схема термометра с микросхемой и дифференциальным термоэлементом

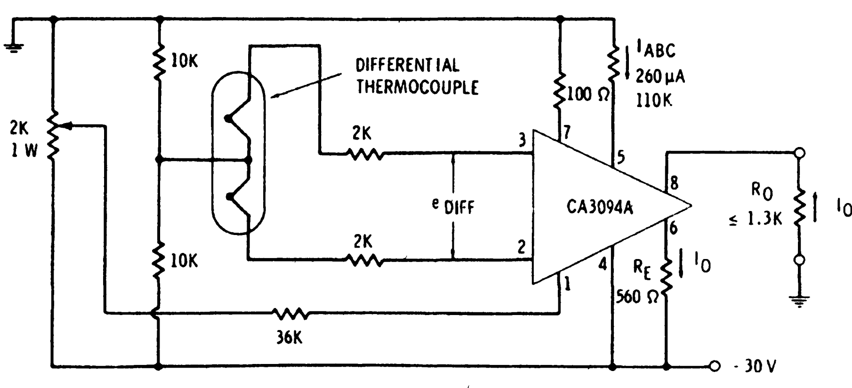


Рис. 2.12

Температура, которая регистрируется дифференциальным термоэлементом (сдвоенной термопарой) (рис. 2.12), пропорционально преобразуется в напряжение, поступающее между выводами 2 и 3 программируемого мощного транзисторного ключа-усилителя CA3094A. Входное изменение напряжения в диапазоне ±26 мВ преобразуется микросхемой в униполярный диапазон выходного тока ±8,35 мА.

2.13. Интерфейс преобразователя температуры

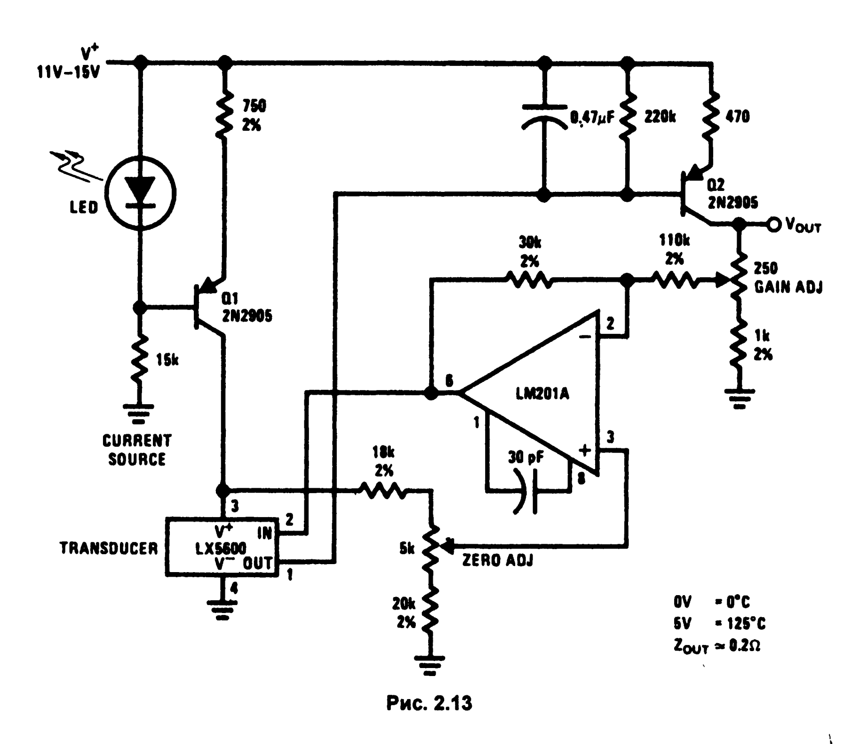


Рис. 2.13

Выходной сигнал измерительного преобразователя температуры LX5600 (рис. 2.13) производства фирмы National инвертируется, уровень перемещается и усиливается с коэффициентом 4, чтобы обеспечить необходимый диапазон выходных напряжений 0—5 В для телеметрических систем или измерительных записывающих устройств. Генератор стабильного тока на транзисторе Q1 обеспечивает стабильный ток для термометра, а транзистор Q2 служит в качестве усилителя-инвертора выходного сигнала. Часть полученного выходного сигнала усиливается еще раз инвертирующим усилителем на операционном усилителе LM210A и поступает на вывод 2 измерительного преобразователя температуры LX5600. К выводу 3 операционного усилителя LM210A присоединяется делитель, который представляет собой источник опорного напряжения для регулировки нуля.

2.14. Интегратор для тепловой энергии

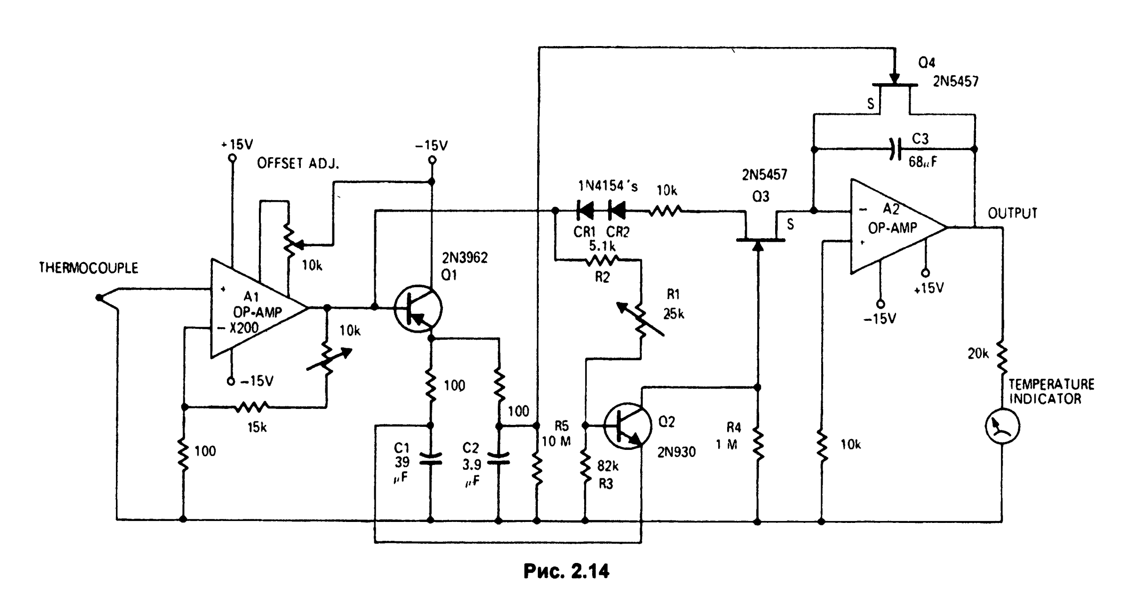


Рис. 2.14

Результаты воздействия импульсов тепловой энергии от головки попеременно включаемой установки групповой пайки регистрируются, измеряются схемой, интегрируются и индицируются прибором. В качестве датчика на входе используется термоэлемент (термопара) (рис. 2.14). Кривая температуры, изменяющейся во времени, предоставляемой измерительным прибором на выходе схемы, служит указанием для оператора, когда меняется предшествующая заготовка припоя.

2.15. Усилитель для термоэлемента

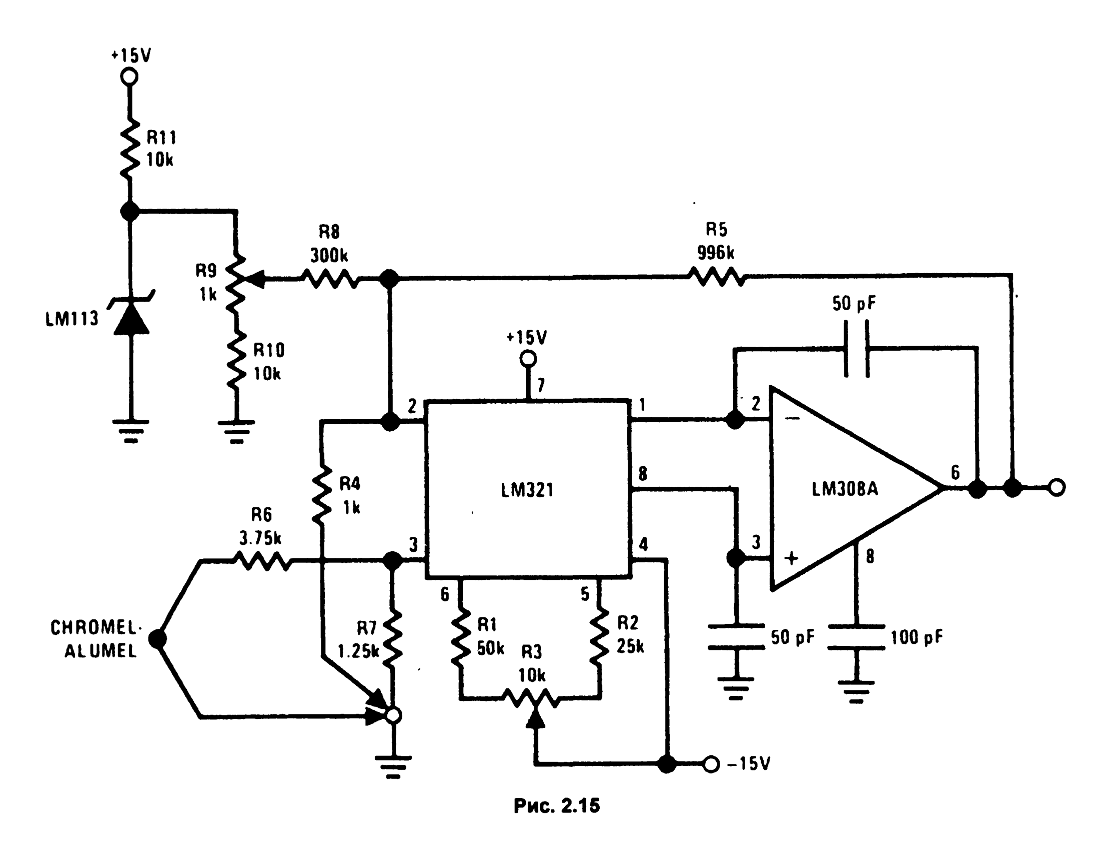


Рис. 2.15

Комбинация из предварительного усилителя LM321 и операционного усилителя LM308A (рис. 2.15) образует усилитель высокой точности с маленьким дрейфом, который имеет коррекцию изменения температуры окружающей среды. На стабилитроне LM113 выполнен стабильный к температуре источник опорного напряжения, предназначенного для создания смещения выходного сигнала таким образом, что температура термоэлемента на выходе схемы может непосредственно считываться в градусах Цельсия. Резисторы R4, R6 и R7 схемы должны быть проволочными сопротивлениями.

2.16. Преобразователь температура-частота на микросхеме

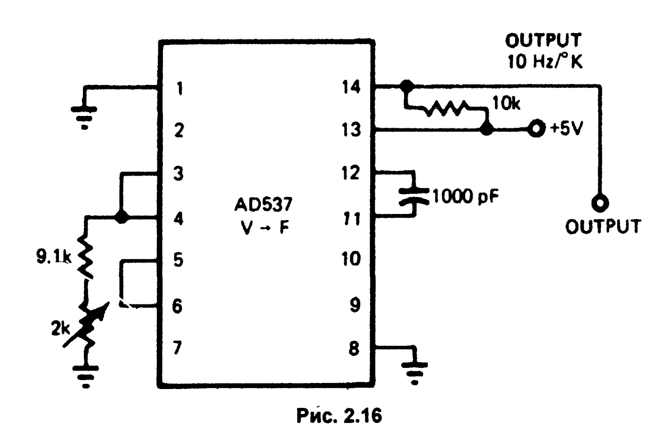


Рис. 2.16

Температурный датчик, выполненный на микросхеме преобразователя напряжение-частота AD537 (рис. 2.16), минимизирует количество внешних деталей. Частота выхода изменяется примерно на 10 Гц для каждого градуса изменения температуры (в кельвинах или цельсиях).

2.17. Термометр с точностью до 0,1 °С

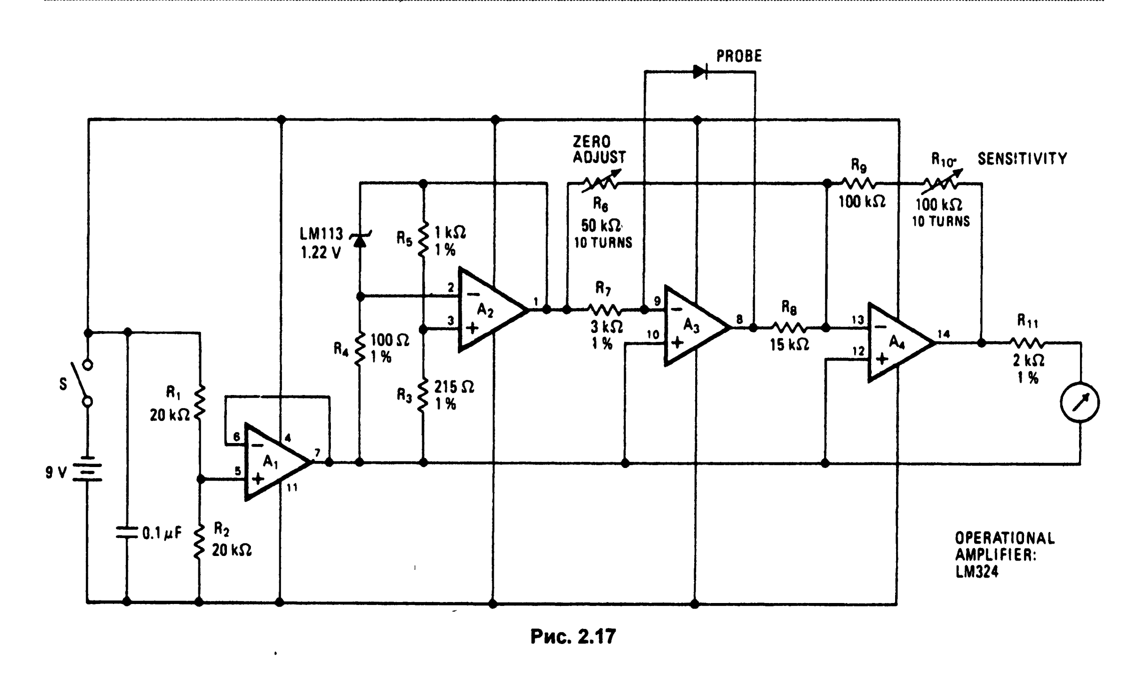


Рис. 2.17

Температурным датчиком в измерительном щупе термометра (рис. 2.17) является стабилитрон LM113, включенный в измерительный мост на резисторах R3, R4, R5. Элементы A_1 и A_2 четырехэлементного операционного усилителя LM324 обеспечивают стабильным током измерительный стабилитрон, чтобы изменения напряжения на диоде являлись результатом изменения температуры. Напряжение 4,5 В на выходе операционного усилителя A_1 является опорным напряжением для других операционных усилителей. Изменение напряжения на диоде после буферного усилителя A_3 приводит к появлению соответствующего напряжения на выходе элемента A_4. С помощью резистора R_6 устанавливается нулевое значение напряжения в нижнем конце диапазона температуры, а резистором R_{10} — полный размах или другое желаемое верхнее предельное значение. В схеме используется измерительный прибор с полным отклонением стрелки 1 мА.

2.18. Преобразователь температура-частота на таймере, управляемом позистором

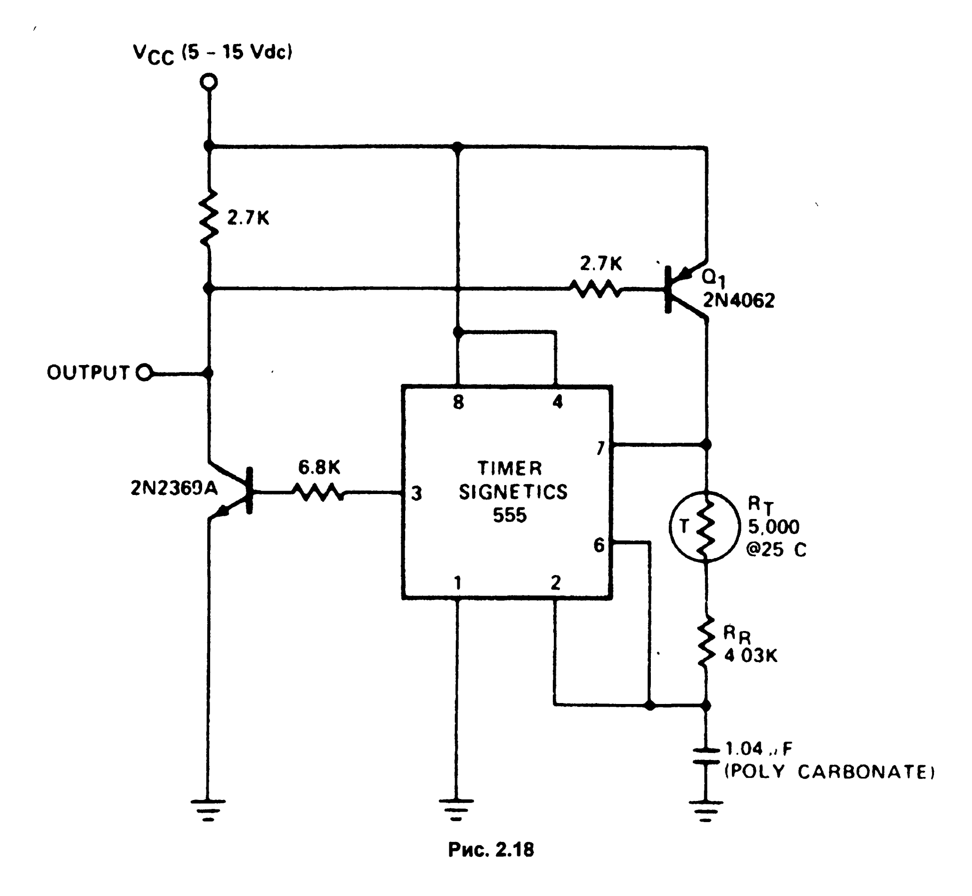


Рис. 2.18

Позистор R_T (рис. 2.18) и два транзистора в цепи таймера 555 образуют преобразователь температура-частота. Частота на выходе изменяется в зависимости от температуры в диапазоне до 78 °F с точностью ±1 Гц.

2.19. Цифровой термометр

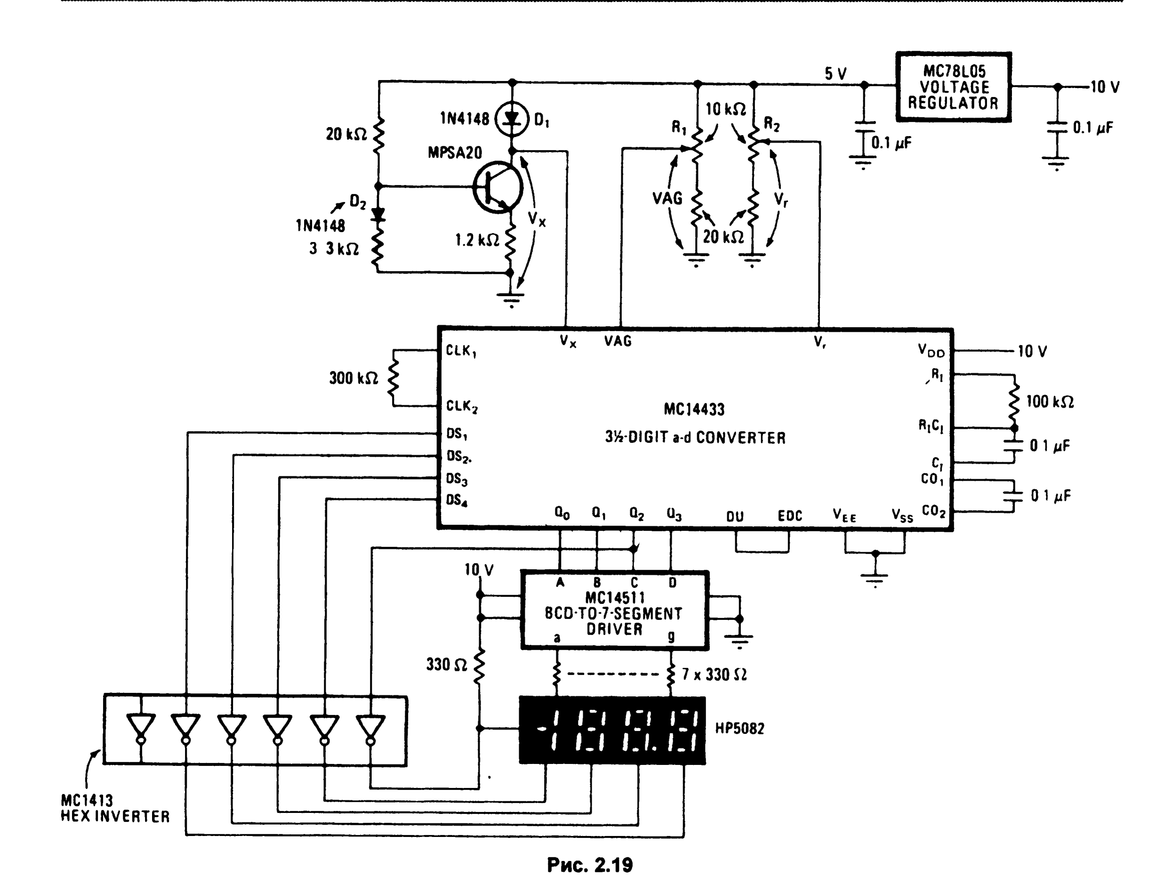


Рис. 2.19

Диод D_2 схемы (рис. 2.19) служит как температурный датчик аналогового преобразователя температура-напряжение, выполненного на транзисторе MPSA20. Выходное напряжение преобразователя V_x подается на соответствующий вход аналого-цифрового преобразователя MC14433. Схема избавлена от погрешностей дрейфа температуры, которые обычно возникают при работе с усилителями. Цифровой термометр может быть откалиброван в диапазоне температуры от –199 до +199 как по шкале Фаренгейта, так и по шкале Цельсия. Точность измерений около 1°.

2.20. Совершенный линейный диодный датчик

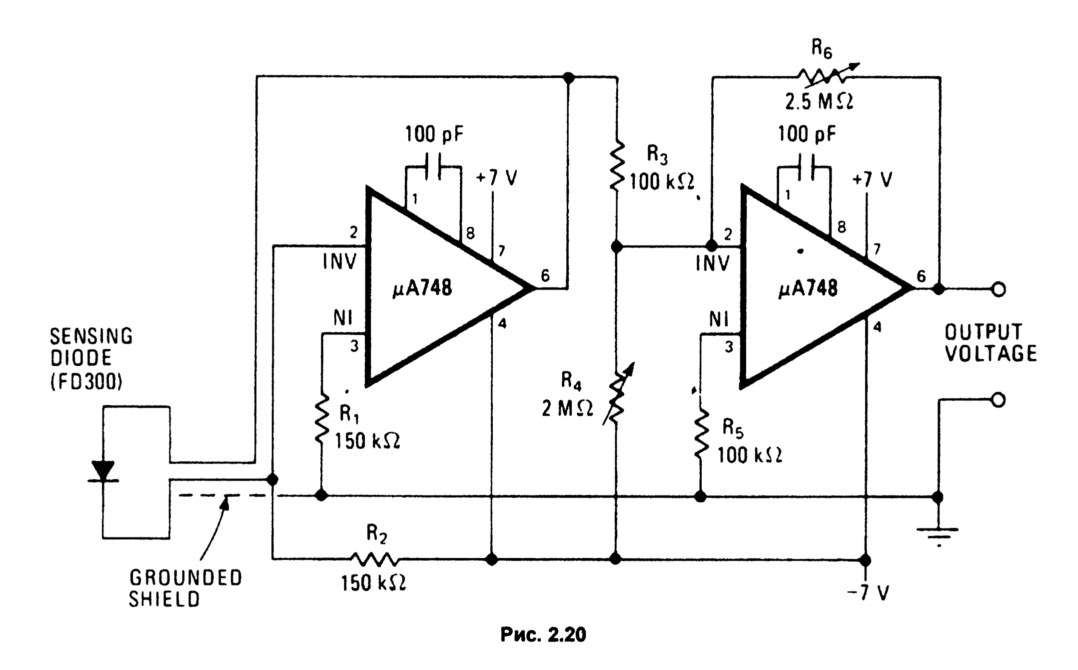


Рис. 2.20

Первый операционный усилитель схемы (рис. 2.20) используется как стабилизированный источник тока для диода температурного датчика FD300, что способствует тому, что падение напряжения на диоде зависит только от температуры. Второй операционный усилитель смещает напряжение на измерительном диоде на любой желаемый диапазон температуры и создает усиление, которое может устанавливаться резистором R_6. С помощью резистора R_4 выставляется выходной сигнал для выбранной температуры, например, при 0 °C на 0. Схема может юстироваться таким образом, что при 50 °C на выходе создается сигнал амплитудой 1 В.

3 Зак. 1033

2.21. Дифференциальный термометр

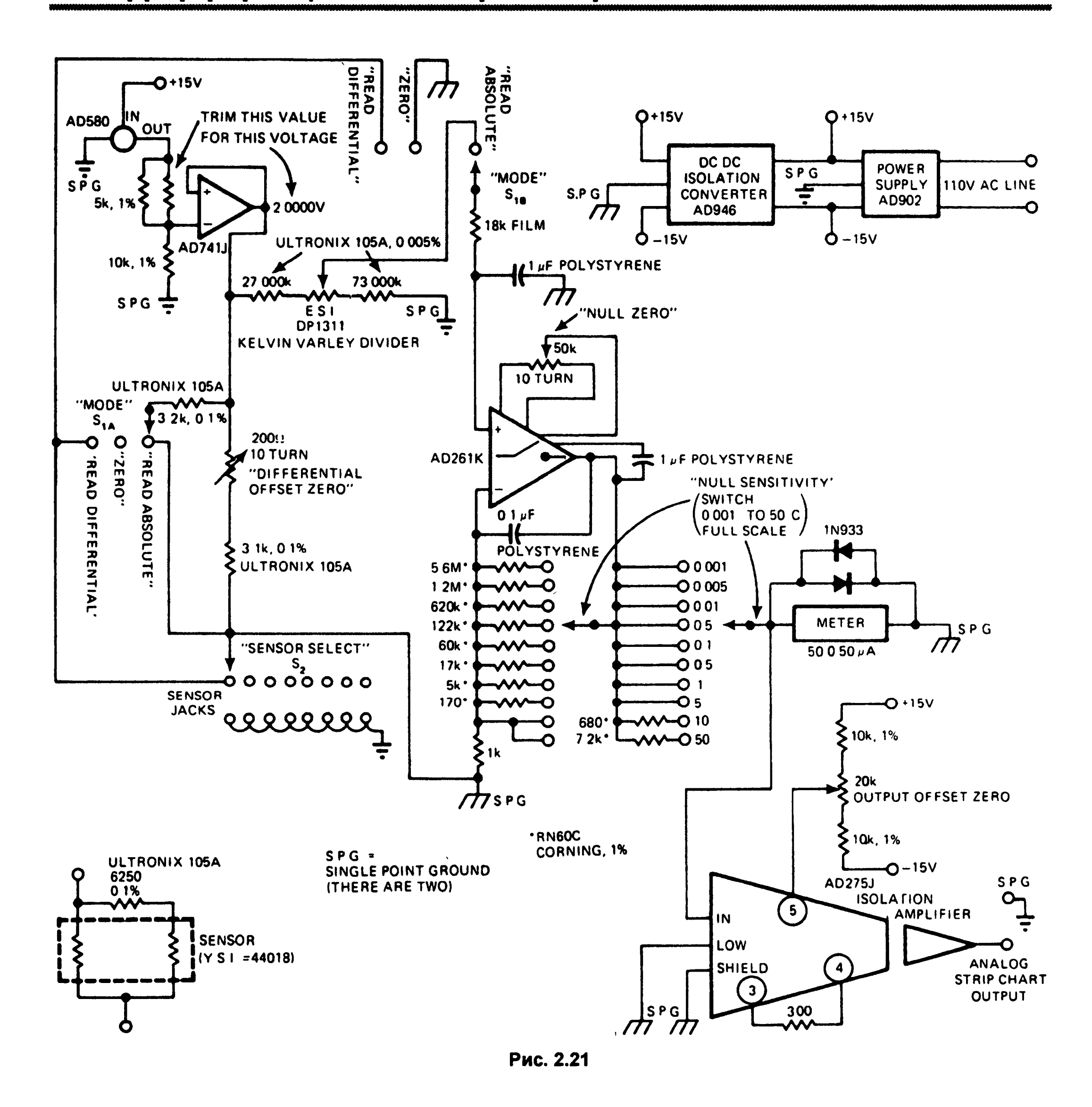


Рис. 2.21

Необходимый диапазон измеряемой температуры термометра (рис. 2.21) выбирается непосредственно в 5-декадном делителе напряжения Кельвина—Варлея, а разница между выбранной температурой и датчиком YSI44018 выводится непосредственно на шкальный прибор. Чувствительность по всей шкале варьируется от 0,001 до 50 °С с помощью настройки усиления высокоскоростного изолированного усилителя AD261K с регулировкой нуля. К усилителю AD261K подключается измерительный прибор и буферный усилитель AD275J для возможности подключения записывающего устройства. Схема может использоваться также для измерения разницы температур между двумя датчиками с точностью 0,0001.

2.22. Транзисторный датчик

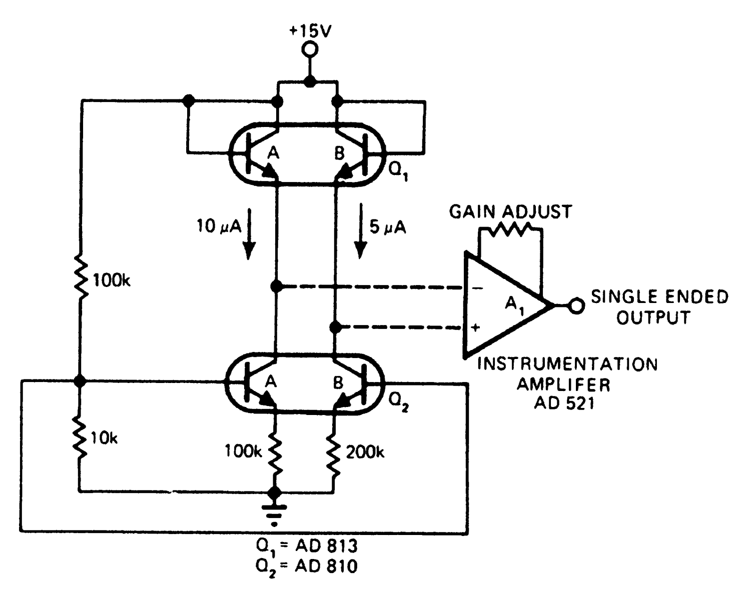


Рис. 2.22

В качестве спаренного дифференциального датчика для измерения температуры (рис. 2.22) используется сдвоенный транзистор Q_1 (AD813). Разница между напряжением база-эмиттер транзисторов Q_{1A} и Q_{1B} изменяется линейно с температурой, когда к сдвоенному транзистору Q_2 (AD810) поступает 10 мкА от транзистора Q_{1A} и 5 мкА от транзистора Q_{1B}. Измерительный операционный усилитель имеет униполярный выход с точностью менее 1 °C в диапазоне измеряемой температуры до 300 °C. В качестве варианта дифференциальной измерительной пары может рассматриваться двухтерминальная микросхема преобразователя температуры AD590 от Analog Devices, которая может применяться в устройствах телеметрии с использованием длинных проводов для подключения.

2.23. Измеритель температуры для диапазона от 0 до 100 °С с точностью в 1°

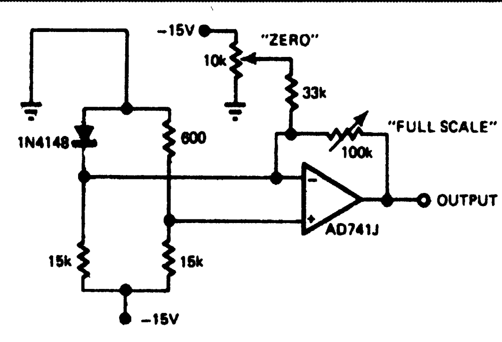


Рис. 2.23

В качестве датчика температуры в схеме (рис. 2.23) применяется недорогой диод 1N4148. Для калибровки схемы датчик (диод) нужно поместить в среду с температурой 0 °С и потенциометром "ZERO" установить на выходе 0 В; затем диод следует поместить в среду с температурой 100 °С и потенциометром "FULL SCALE" установить на выходе напряжение 10 В. Этот процесс калибровки нужно повторять до тех пор, пока обе установки не будут больше влиять друг на друга.

2.24. Измерение абсолютной температуры

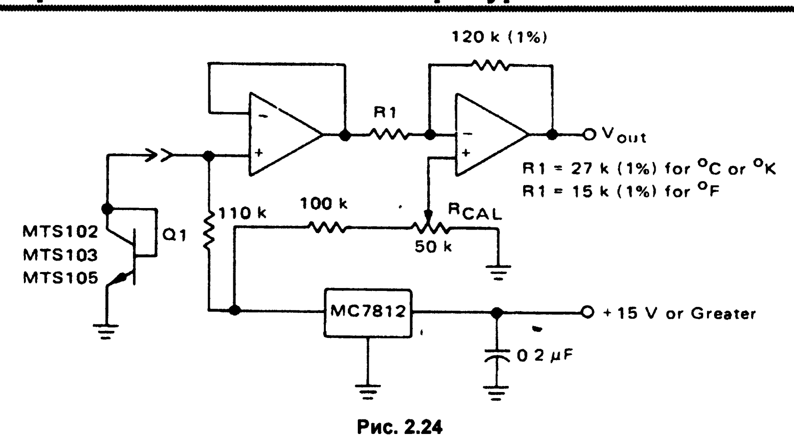


Рис. 2.24

Кремниевый датчик для измерения температуры может обеспечить высокую точность в достаточно широком диапазоне температур от –40 до +150 °С. Датчиком в данной схеме (рис. 2.24) является транзистор (MTS102, MTS103 или MTS105), выводы база и коллектор которого соединены друг с другом. Падение напряжения база-эмиттер в рабочем диапазоне температур изменяется линейно. Изменение напряжения усиливается двумя операционными усилителями, которые питаются от регулируемого источника на стабилизаторе MC7812. Тип операционных усилителей не критичен. При известной температуре на транзисторе Q1 нужно 50-килоомным потенциометром отрегулировать коэффициент усиления операционного усилителя так, чтобы выходное изменение напряжения было равно 10 мВ/°С в желаемом диапазоне температуры.

2.25. Термометр

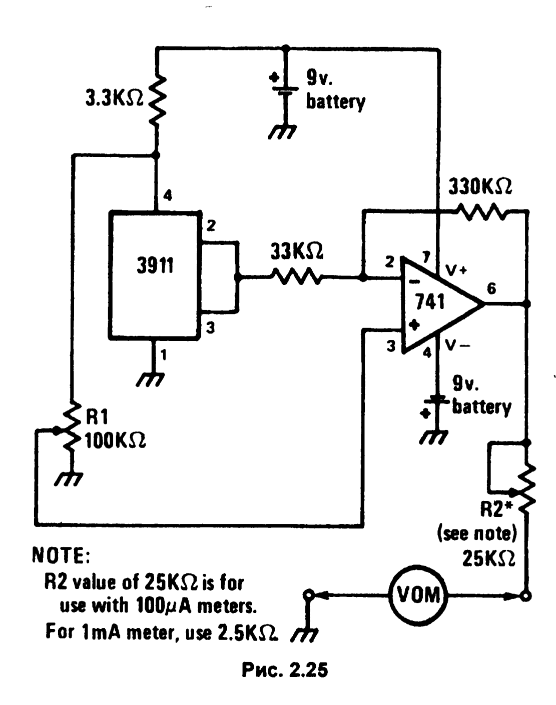


Рис. 2.25

Датчиком в данной схеме (рис. 2.25) является микросхема 3911, выходной сигнал которой соответствует 10 мВ/°K (температурная шкала Кельвина). При 0 °С выходное напряжение составляет 2,73 В. Размах напряжения с выхода датчика усиливается операционным усилителем 741 до 0,1 В/°С для подключения тестера или чувствительного миллиамперметра. Коэффициент масштабирования схемы термометра настраивается потенциометром R2 для возможности отображения температуры в градусах по шкале Цельсия или Кельвина.

2.26. Преобразователь температуры в длительность импульса

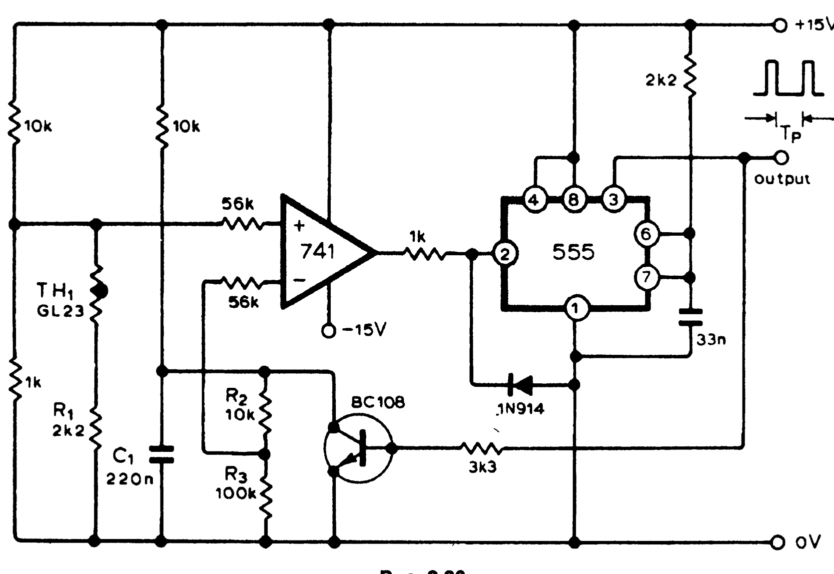


Рис. 2.26

Ток через позистор TH_1 и резистор R_1 в данной схеме (рис. 2.26) создает температурно-зависимое напряжение, которое сравнивается операционным усилителем 741 с напряжением на конденсаторе C_1. Когда напряжение на выходе операционного усилителя становится отрицательным, микросхема 555, которая включена по схеме одновибратора, запускается для открытия транзистора и соответственно последующего разряда конденсатора C_1 примерно за 100 мкс. Схема основана на сходстве значений кривой сопротивление-температура позистора и функции изменения напряжения на конденсаторе. Для приведенных значений схема формирует в итоге 650 импульсов при 0 °С продолжительностью около 20 мкс/°С с точностью ±1,2 °С вплоть до 60 °С. Когда выход микросхемы 555 используется для независимого включения тактового генератора, число импульсов на выходе непосредственно соответствует температуре.

2.27. Измерительный прибор "Горячо/Холодно"

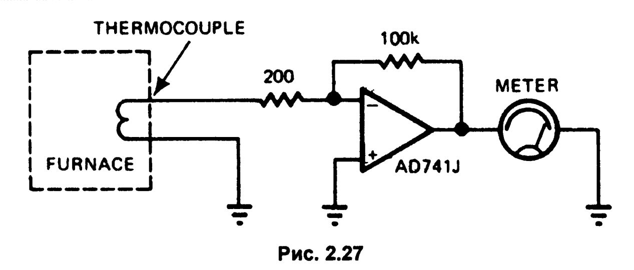


Рис. 2.27

Выход некалибруемого термоэлемента через операционный усилитель подключен к измерительному прибору (рис. 2.27), чтобы наблюдать за изменением температуры без необходимости в точном определении значения температуры. Измерительный прибор просто калибруется на режимы "Горячо/Холодно".

2.28. Датчик с парными транзисторами

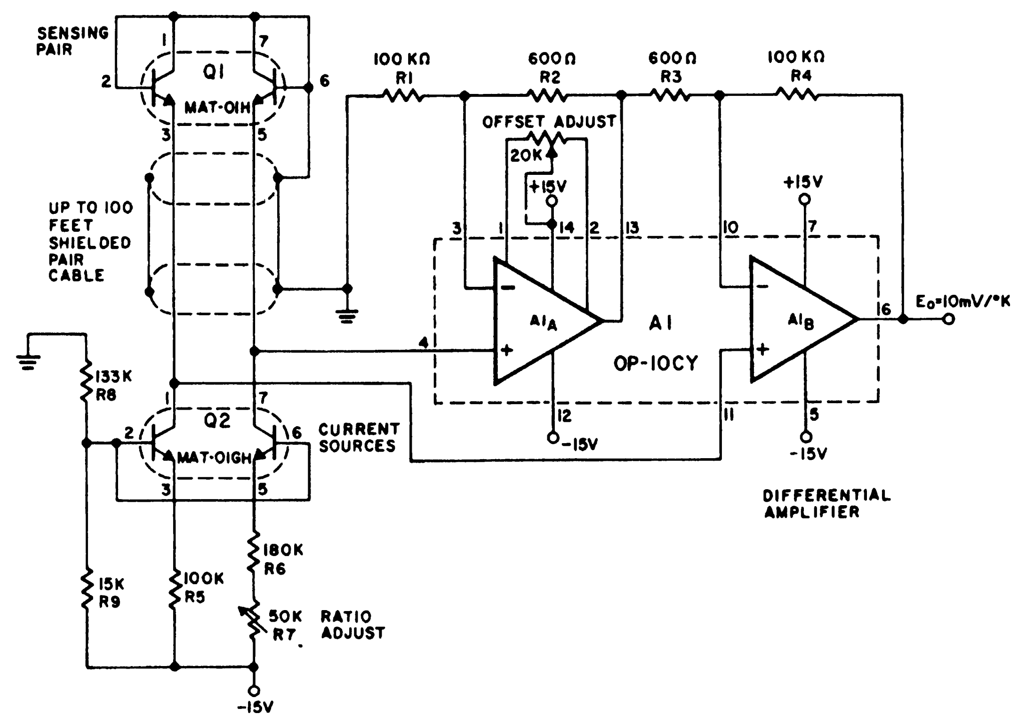
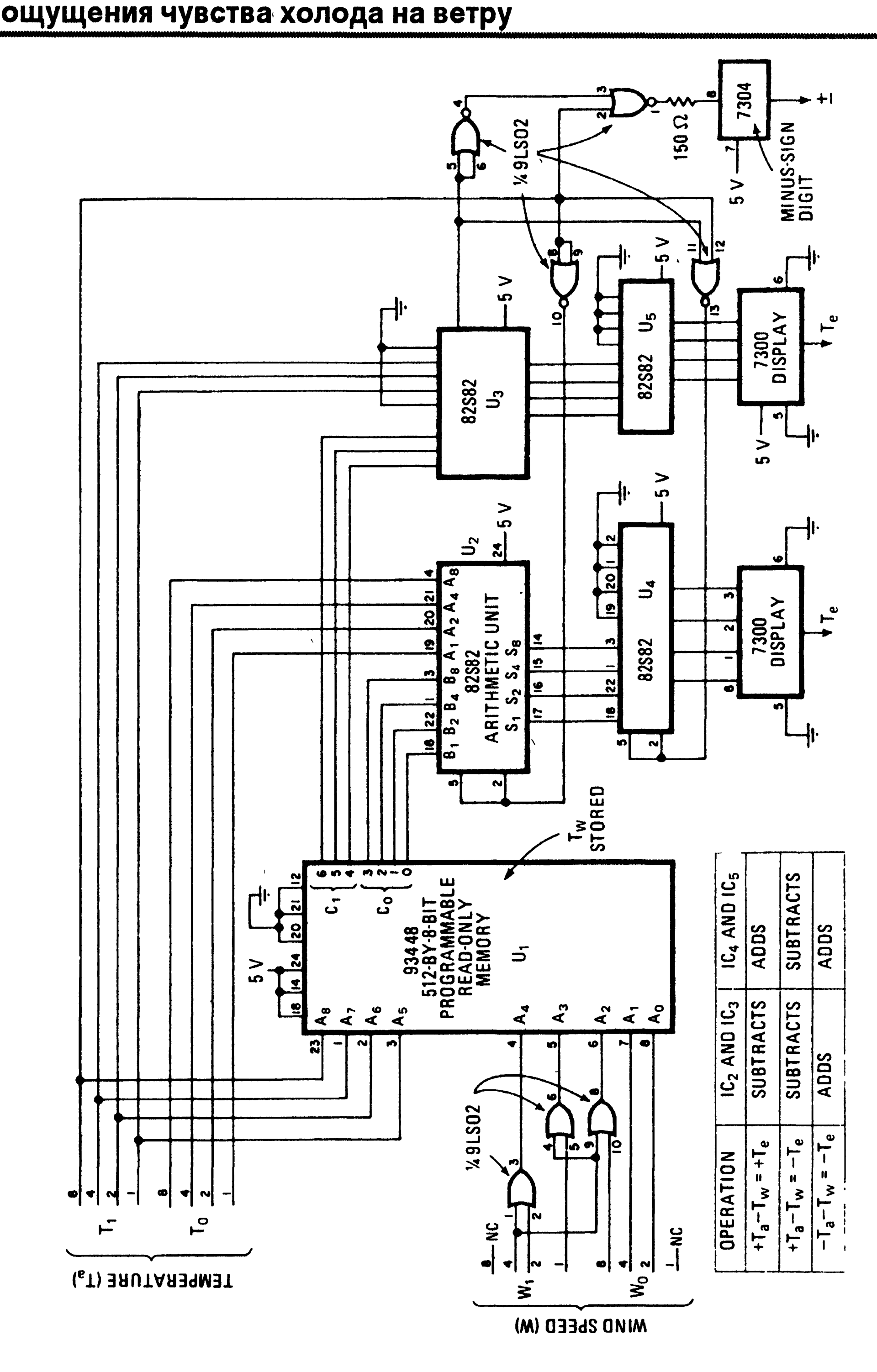


Рис. 2.28

На приведенной схеме (рис. 2.28) симметричная пара транзисторов Q1 типа MAT-01H компании Precision Monolithics измеряет температуру в диапазоне от –55 до +125 °С с отличной линейностью и долговременной стабильностью. Симметричная пара транзисторов Q2 (MAT-01H) — это источник тока для измерительных транзисторов. Комбинация транзисторов позволяет получить разность напряжений на выходе, которая пропорциональна абсолютной температуре. Усилитель на микросхеме OP-10CY превращает эту разность напряжений в униполярный выходной сигнал, который может применяться для измерения или регулирования. Схема может эксплуатироваться непосредственно с цифровым прибором, который имеет диапазон измерения 10 В.

2.29. Измерительный прибор для определения эквивалента ощущения чувства холода на ветру



OPERATION	IC_2 AND IC_3	IC_4 AND IC_5
$+T_a-T_w=+T_e$	SUBTRACTS	ADDS
$+T_a-T_w=-T_e$	SUBTRACTS	SUBTRACTS
$-T_a-T_w=-T_e$	ADDS	ADDS

Рис. 2.29

Данный прибор (рис. 2.29) измеряет и показывает эквивалент чувства холода к температуре, комбинируя температуру воздуха и данные скорости ветра. ППЗУ прибора U1 запрограммировано так, что оно при совместной работе с АЛУ формирует такие выходные значения, которые соответствуют таблице разработанной Национальной метеорологической службой (англ. National Weather Service).

2.30. Преобразователь температуры 125—470 °K в частоту 125—470 Гц

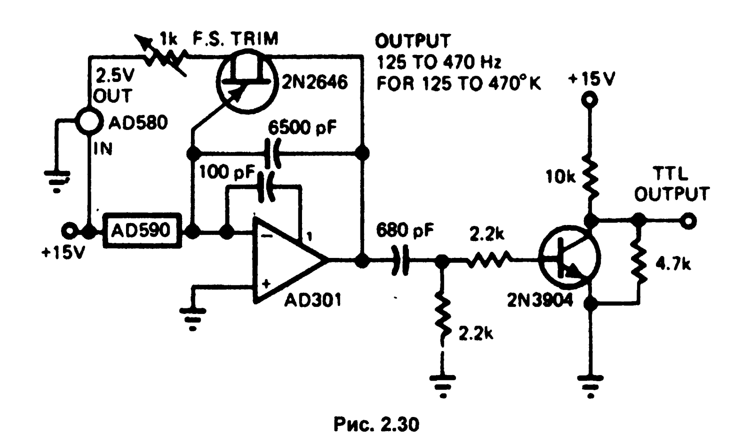
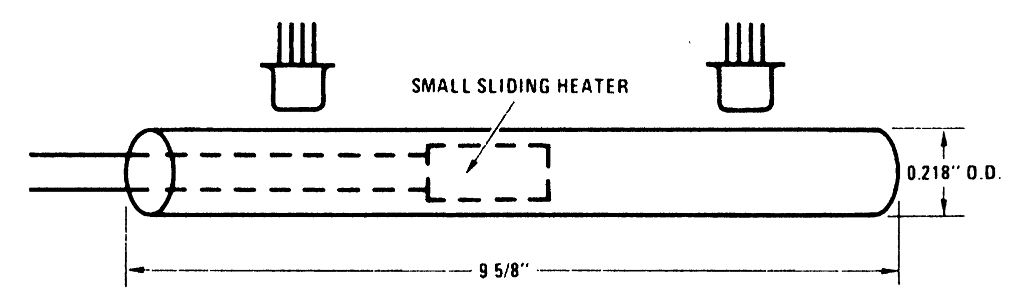


Рис. 2.30

Преобразователь температуры (рис. 2.30) с токовой характеристикой на микросхеме AD590 позволяет получить маленький шаг при преобразовании температуры в частоту. Датчик управляет релаксационным генератором на операционном усилителе AD301. Импульсы с выхода усилителя дифференцируются и управляют транзисторным выходным ключом, обеспечивающим сопряжение преобразователя со входом цифровых устройств ТТЛ-уровня.

2.31. Датчик положения



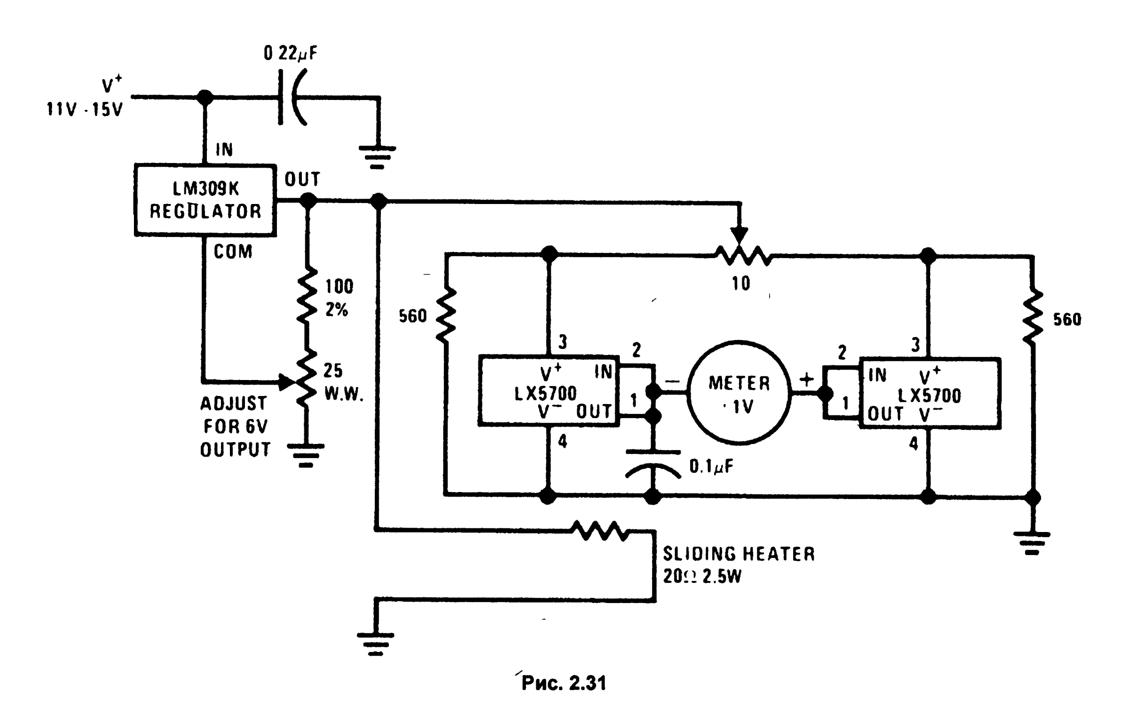


Рис. 2.31

Положение маленького нагревательного элемента (SLIDING HEATER), представленного на рис. 2.31, который скользит по внутренней части тонкостенной латунной трубочки, регистрируется двумя преобразователями температуры LX5700 компании National, размещенными снаружи. Преобразователи, установленные на обоих концах латунной трубочки, регистрируют одинаковую температуру при расположении нагревательного элемента точно в ее середине. Температура трубочки внутри и снаружи примерно 50 °С. Когда нагревательный элемент приближается к концу трубки, один из термометров регистрирует большую температуру, а другой меньшую. Схема позволяет регулировать температуру нагревательного элемента. Цифровой вольтметр показывает среднее значение положения датчика.

2.32. Схема термометра с преобразователями напряжение-частота, частота-напряжение и цифровым прибором

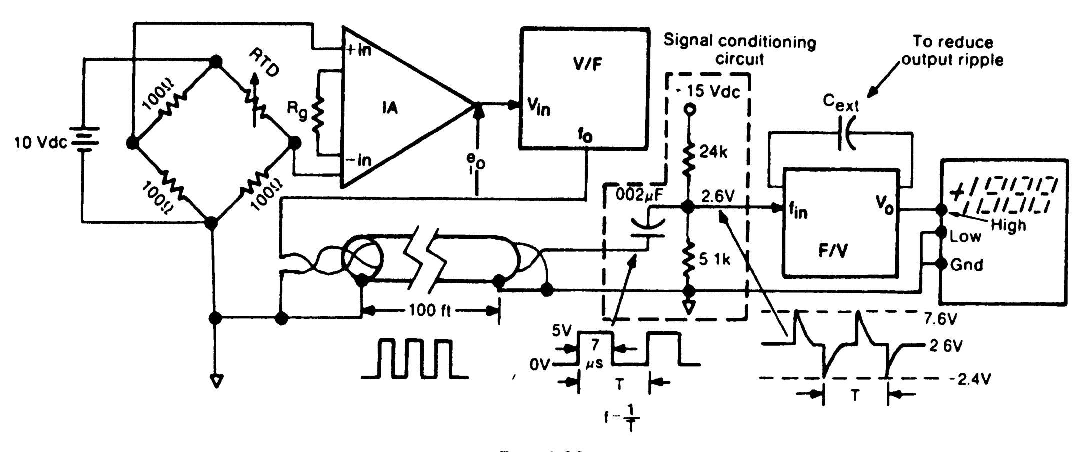


Рис. 2.32

Сигнал изменения температуры преобразуется измерительным мостом схемы (рис. 2.32) в напряжение и затем преобразуется в частоту и передается, как изменение частот в диапазоне 0—10 кГц, которое и показывается на цифровом приборе. В измерительном мосте используется резистивный датчик температуры RTD (от англ. Resistive Thermal Device) на 100 Ом. В качестве преобразователей напряжение-частота V/F (voltage/frequency) и частота-напряжение F/V (frequency/voltage) могут быть использованы почти все стандартные модели, которые определены для напряжения 0—10 В и частоты 0—10 кГц. В качестве измерительного прибора может использоваться AM201 от фирмы Datel или эквивалентный.

2.33. Анемометр

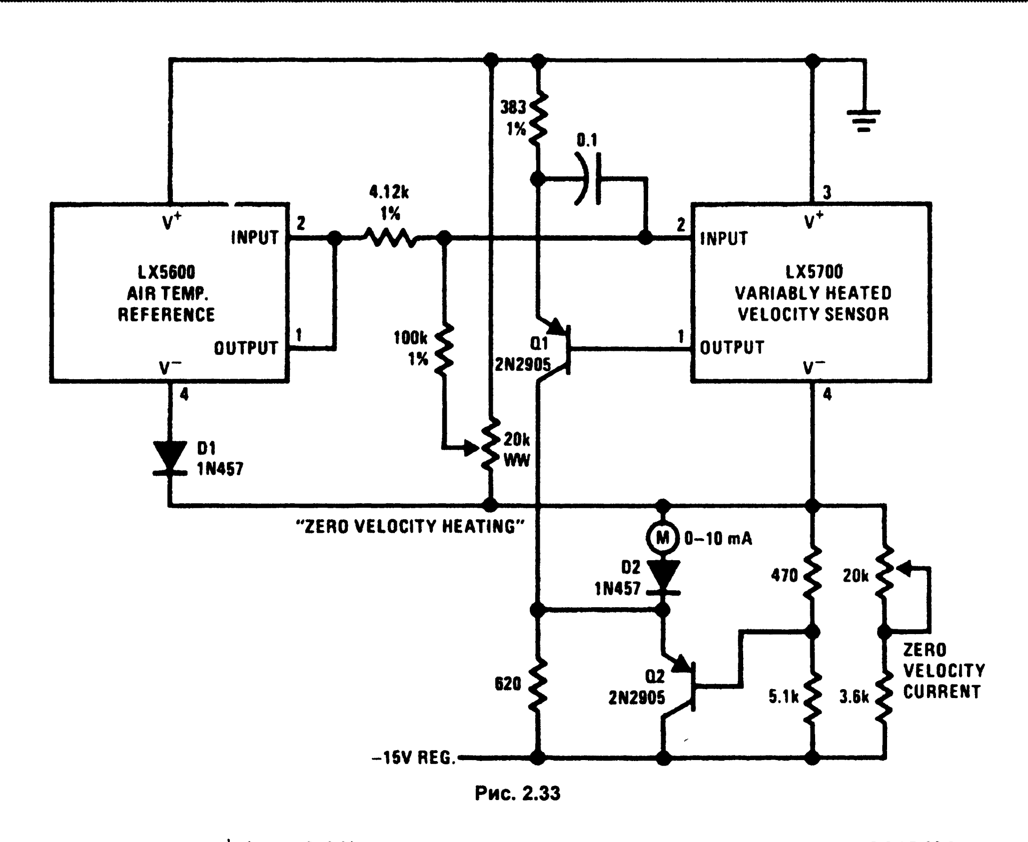


Рис. 2.33

В схеме анемометра[1] (рис. 2.33) используется датчик температуры воздуха LX5600 компании National с усилением 1 в комбинации с самонагревающимся датчиком температуры LX5700, размещенным в воздушном потоке. Скорость воздушного потока определяется по разнице показаний между подогреваемым и не подогреваемым преобразователем. С возрастанием воздушного потока будет измерен ток, который необходим, чтобы поддерживать определенную температуру. Кривая калибровки создается для обнаружения связи между током и скоростью воздушного потока.

[1] Анемометр — метеорологический прибор для измерения скорости ветра. — *Ред.*

2.34. Микромощный термометр

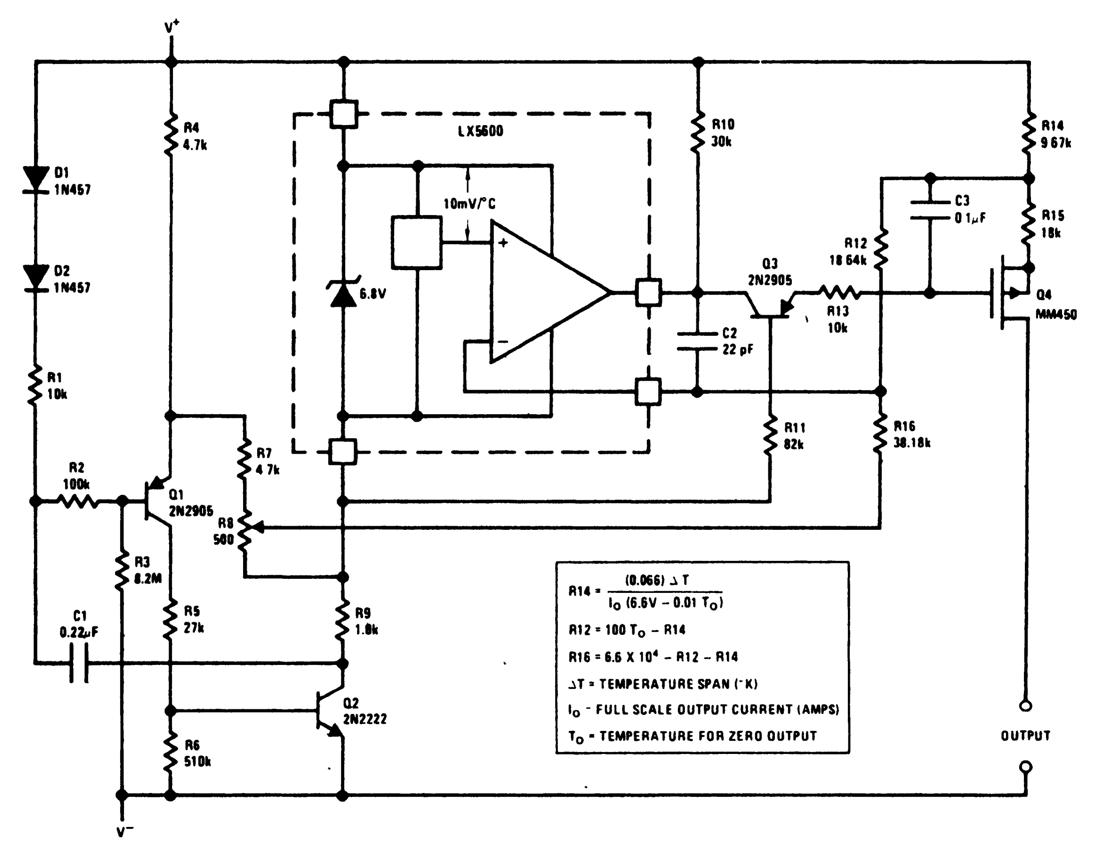


Рис. 2.34

Низкое потребление электроэнергии делает схему привлекательной для устройств с питанием от батареи. В термометре (рис. 2.34) применяется преобразователь температуры в напряжение LX5600 компании National, имеющий диапазон от –55 до +125 °С и выход которого непосредственно пропорционален абсолютной температуре с чувствительностью 10 мВ/°K. Схема имеет независимую регулировку нуля и коэффициента масштабирования. Для сокращения потребления электроэнергии термометр включается только на время измерения, используя схему выборки и хранения показаний. Напряжение питания схемы находится в диапазоне 8—12 В; одной свинцовой батареи на 8,4 В достаточно для эксплуатации в течение года. Выход схемы может использоваться непосредственно для измерительного прибора. Мультивибратор на транзисторах Q1 и Q2 включает преобразователь температуры LX5600 через резистор R9. Конденсатор C1 и резистор R3 управляют временем отключения, а конденсатор C1 и резисторы R1, R4 и R7 — временем включения. Q3 — транзистор схемы выборки, а Q4 — хранения. Выходной сигнал изменяется от 0 до 50 мкА при изменении температуры в диапазоне от 50 до100 °F.

2.35. Преобразователь температура-частота

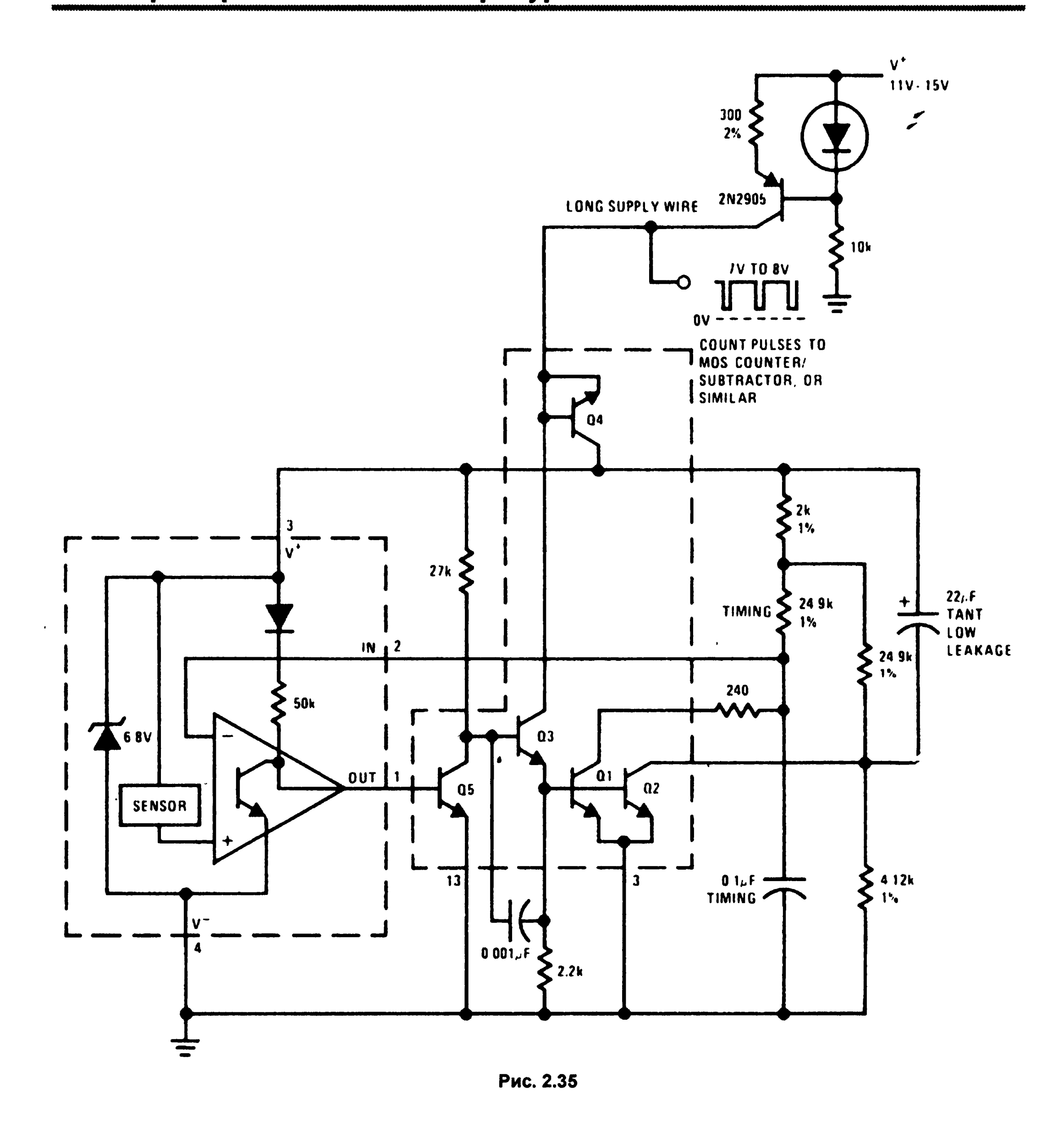


Рис. 2.35

На транзисторной матрице Q1—Q5 (рис. 2.35) LM3046 компании National собраны генератор прямоугольных импульсов и генератор колебаний пилообразной формы, которые совместно превращают выходное напряжение преобразователя температуры LX5600 в пропорциональное изменение частоты прямоугольных импульсов. К выходу схемы может подключаться счетчик импульсов.

2.36. 4-термоэлементный мультиплексный термометр

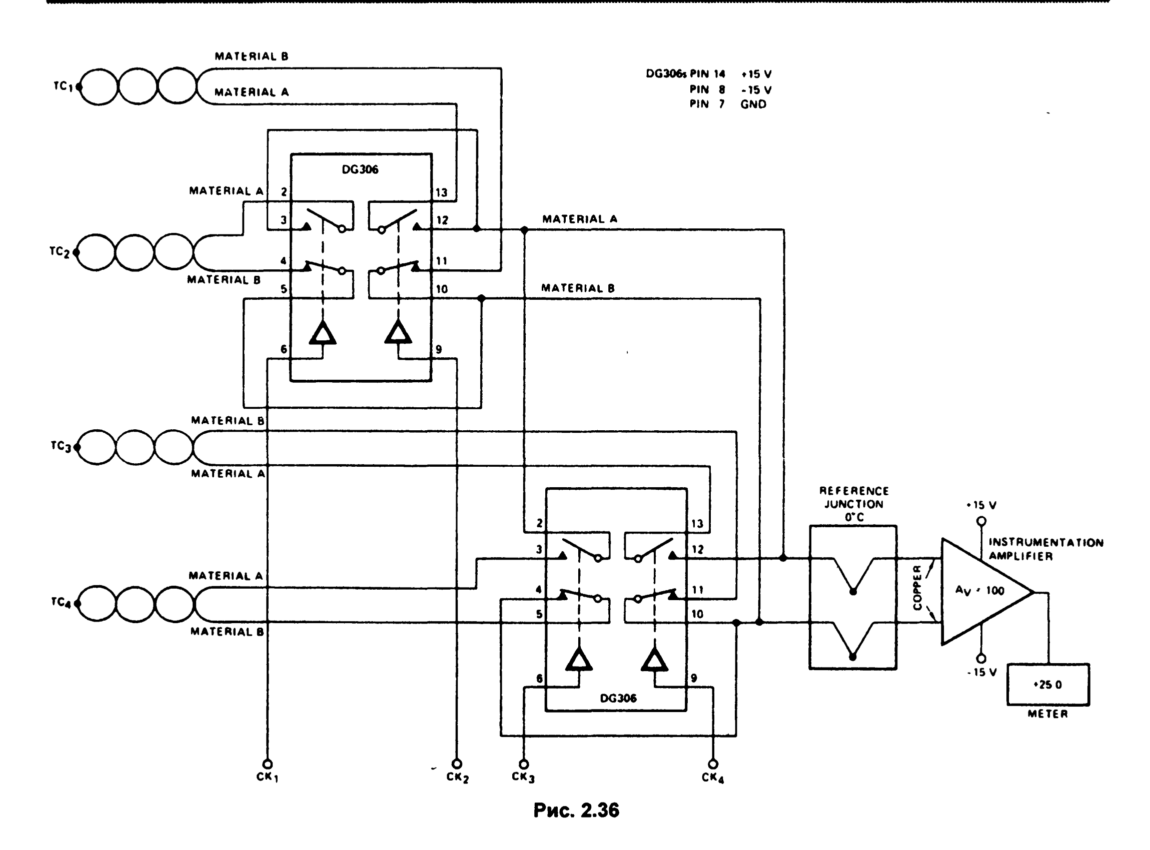


Рис. 2.36

Незначительная рассеиваемая мощность в аналоговых коммутаторах DG306, используемых в термометре (рис. 2.36), позволяет получать более низкие напряжения смещения, которые накладываются на напряжения термоэлементов при контакте кремния и алюминия в переключателях. Термоэлементы, подключенные различно к измерительному усилителю, к которому подключен аналоговый прибор, переключаются, чтобы уничтожать тепловые погрешности, которые исходят от переключателя.

2.37. Мультиплексор для термоэлементов

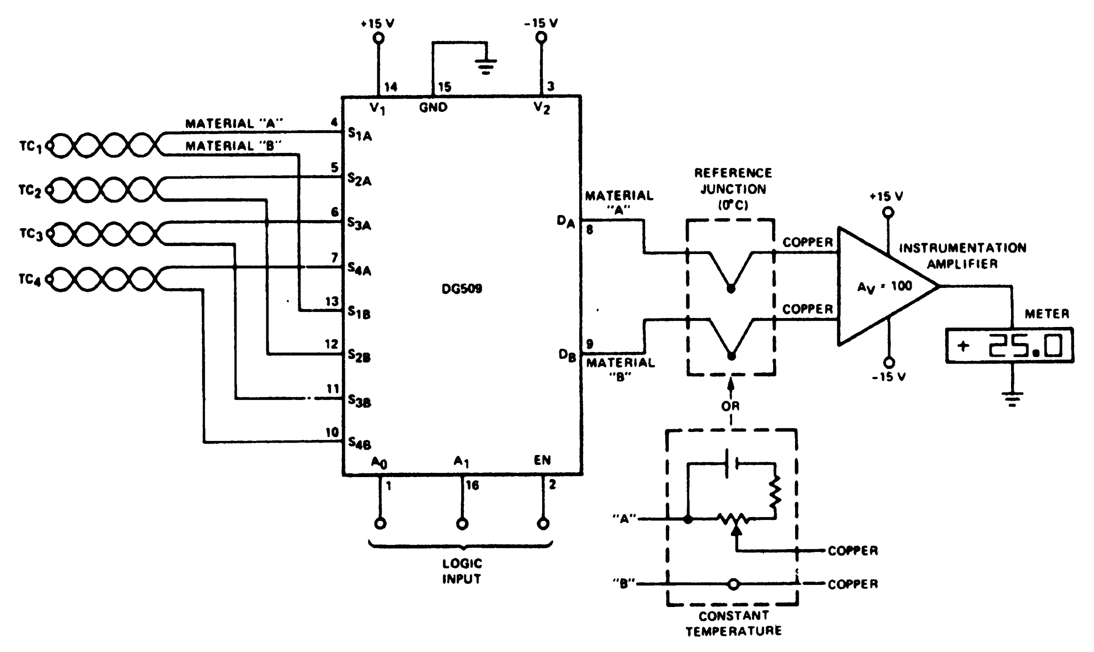


Рис. 2.37

С помощью управления логическими входами 4-канального дифференциального аналогового мультиплексора DG509 (рис. 2.37) к измерительному усилителю подключается один из 4 выбранных термоэлементов. Измерительный усилитель соединяется с цифровым или другим прибором. Для устранения влияния соединительных проводов при подключении датчиков к усилителю измерительного прибора может использоваться холодный спай термопары при 0 °С, как это показано на рисунке. Альтернативно может устанавливаться напряжение коррекции при комнатной температуре, но эта коррекция будет чувствительна по отношению к изменениям температуры окружающей среды.

2.38. Датчик-мост

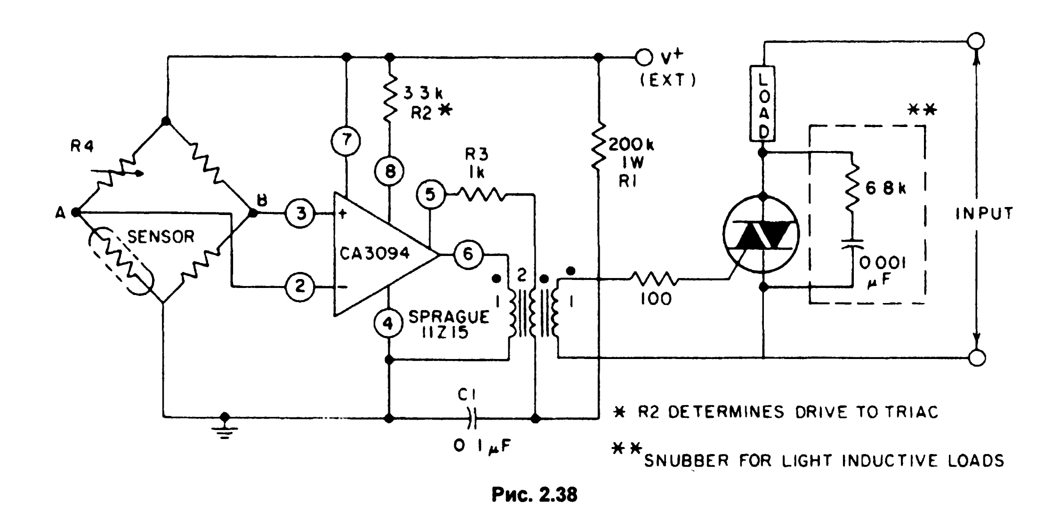


Рис. 2.38

Мощный операционный усилитель CA3094 (рис. 2.38) включен по схеме запускаемого уровнем мультивибратора, на который подается сигнал с выхода измерительного моста. Мультивибратор открывает симистор для контроля температуры или для целей ее регулировки. Датчик может быть любым температурно-зависимым элементом. В качестве нагрузки схемы (LOAD) при контролировании температуры могут быть использованы лампы, звуковые сигналы или звонок. Для целей регулировки температуры применяется устройство, порождающее температуру, которое приводится в зависимость от измеренной с помощью датчика температуры.

2.39. Цифровой термометр со светодиодным индикатором

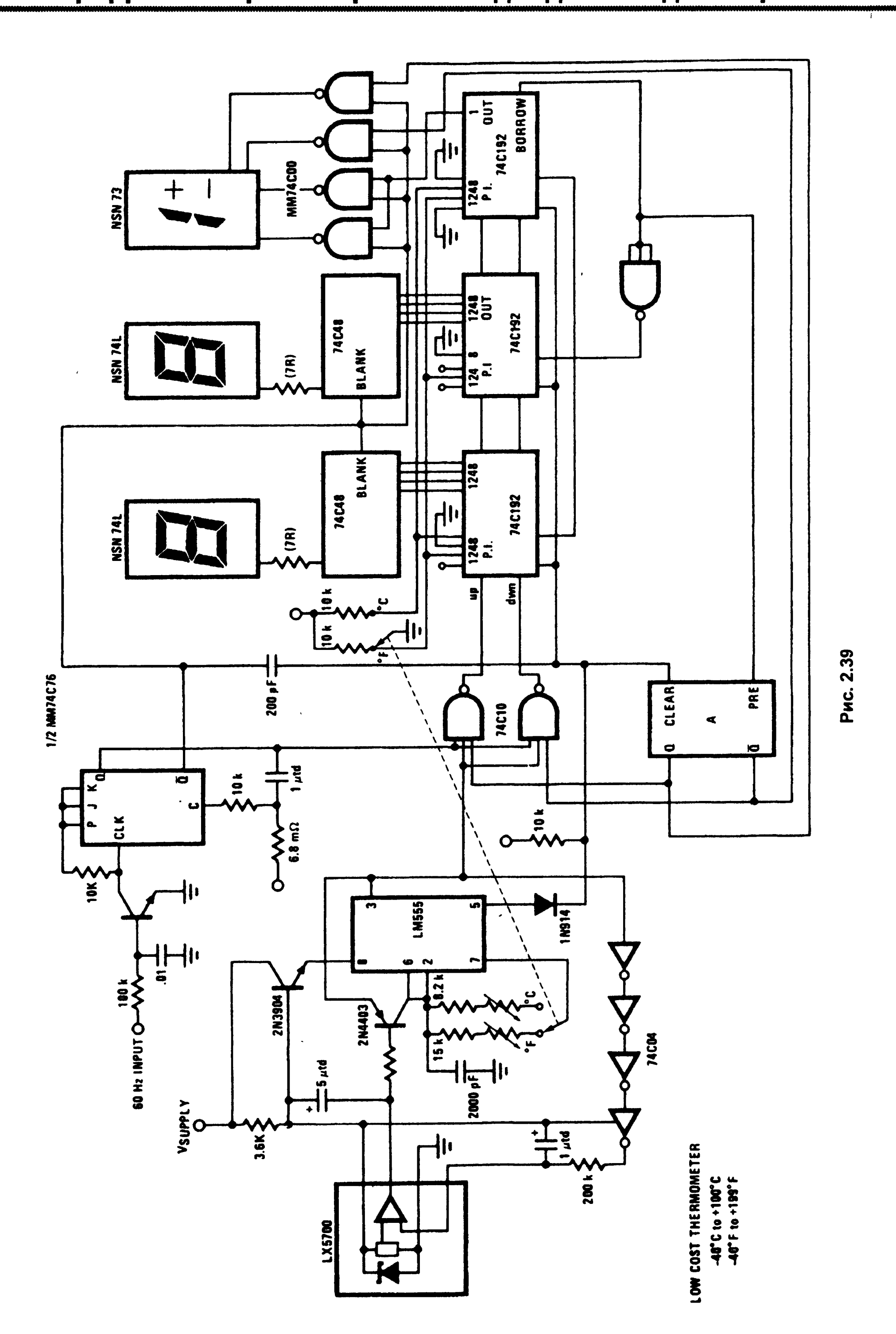


Рис. 2.39

В схеме цифрового термометра (рис. 2.39) со светодиодным индикатором и возможностью измерения температуры по шкале Цельсия или Фаренгейта в качестве датчика применяется преобразователь температуры LX5700 компании National. Сигнал с преобразователя температуры поступает на вход преобразователя кода, который выдает информацию на трехзначный светодиодный индикатор в диапазоне температур от –40 до 100 °C или от –40 до 199 °F. Выбор шкалы измерения зависит от положения переключателя.

2.40. Термометр с источником опорного напряжения

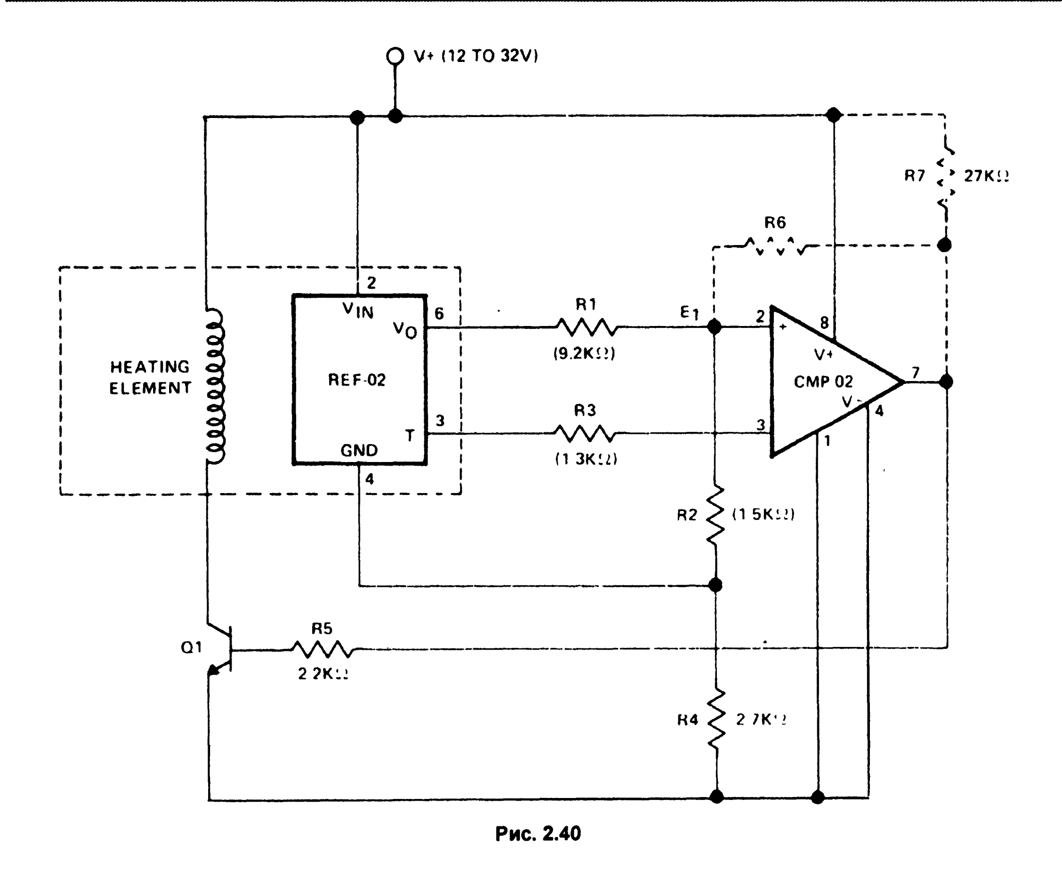


Рис. 2.40

Компаратор высокой точности СМР-02 (рис. 2.40) компании Monolithics, используя при этом ключевой транзистор Q1, включает нагревательный элемент схемы, если температура опускается ниже заданного значения, которое определяется отношением сопротивлений резисторов R1 и R2. Эти резисторы питаются от источника опорного напряжения 5 В на микросхеме REF-02. Схема термометра позволяет обеспечить регулируемую гистерезисную характеристику, характер которой определяется параметрами резисторов R6 и R7, если это свойство требуется. Значения в скобках даны для установки 60 °C. Микросхема REF-02 должна быть соединена с нагреваемой средой термически.

2.41. Термометр с приведением температуры экрана щупа к измеряемой

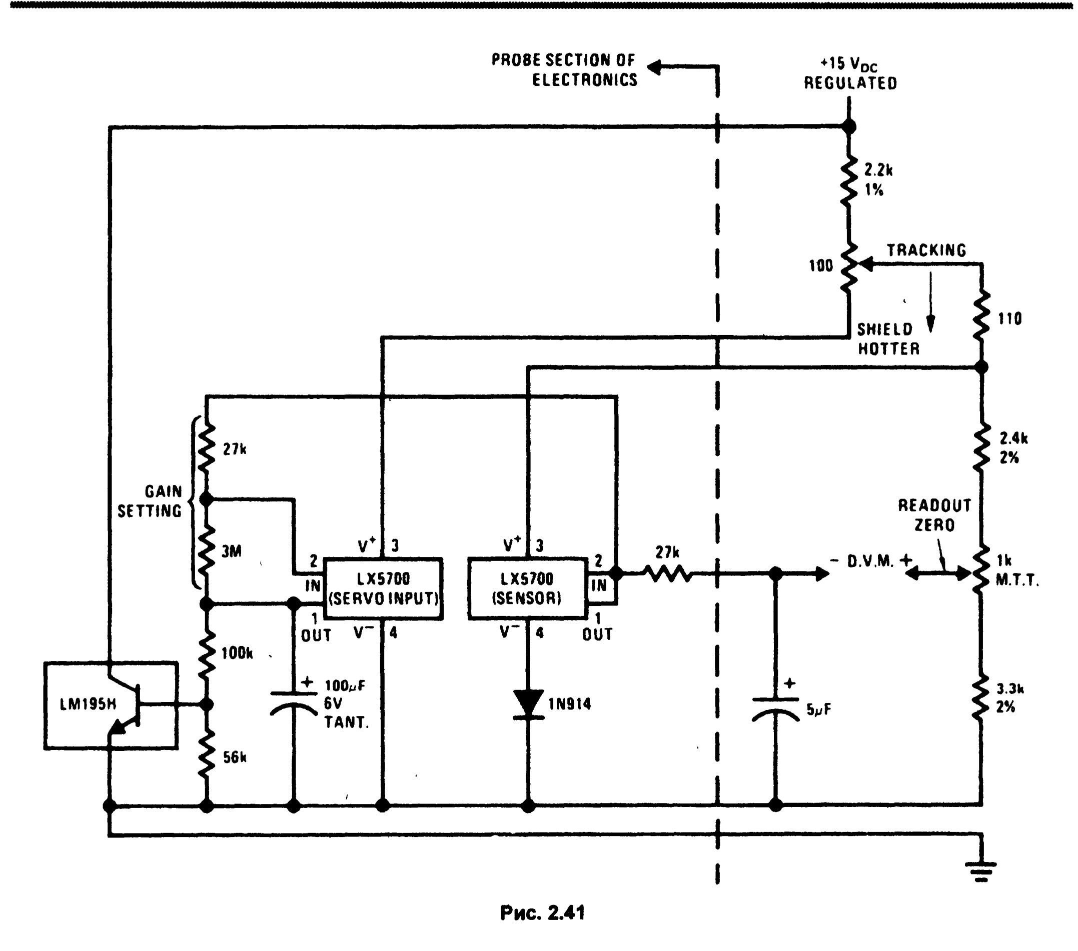


Рис. 2.41

Схема (рис. 2.41) используется тогда, когда температурный датчик только частично касается измеряемой поверхности. Мощный транзистор LM195H является главным усилителем мощности и одновременно служит нагревателем мощностью 23 Вт, который используется для приведения медного экрана щупа к той же самой температуре, что и измеряемая поверхность. В схеме применяются датчики типа LX5700. Диод, соединенный с заземлением, позволяет регулировать напряжение на выводе 3 датчика в диапазоне 40—80 мВ, что позволяет следовать за следящим датчиком. Для считывания температуры непосредственно в градусах по шкале Цельсия используется цифровой вольтметр.

2.42. Термометр для измерения температуры в диапазоне 0—100 °С с точностью 0,15 °С

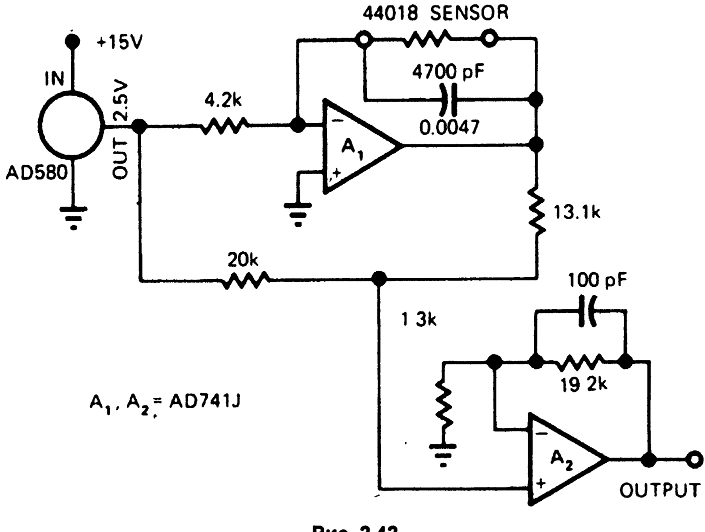


Рис. 2.42

Недорогой температурный датчик YSI44018 (рис. 2.42) в петле обратной связи операционного усилителя типа 741J позволяет достичь точности измерения, которая обычно достигается при использовании платиновых датчиков. Операционный усилитель использует сигнал опорного напряжения 2,5 В, поступающий с выхода микросхемы AD580. Выходное напряжение операционного усилителя A_1 поступает на аналогичный операционный усилитель A_2, который делает возможным коррекцию нуля и желаемое усиление выходного сигнала.

2.43. Термометр с преобразователем напряжение-частота

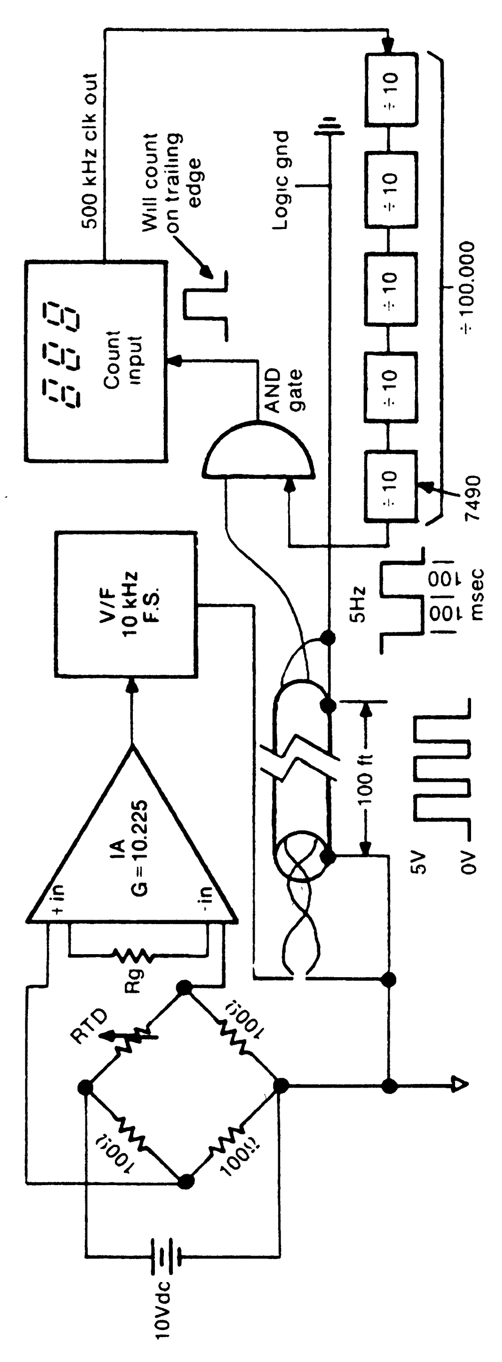


Рис. 2.43

Выход преобразователя с низким уровнем сигнала, например, измерительного температурного моста (рис. 2.43), может с помощью длинных проводов (30 м или более) подключаться к измерительной аппаратуре, если изменения величины сопротивления RTD на 100 Ом в термометре преобразуются сначала в напряжение, а затем в соответствующие изменения частоты. Преобразование напряжения в частоту может быть выполнено с помощью любых стандартных преобразователей напряжение-частота. У типовых преобразователей аналоговый диапазон сигнала 0—10 В на входе позволяет получать диапазон на выходе изменения частоты 0—10 кГц. Когда на входе преобразователя напряжения в частоту имеется напряжение 5 В, то частота на выходе составляет 5 кГц ±0,5 Гц, которая считывается за время 1 с или меньше и показывается на цифровом индикаторе. Измерительным усилителем может быть микросхема AM201 производства компании Datel или другая эквивалентного типа.

2.44. Термометр для измерения температуры в диапазоне от –55 до +125 °С с точностью ±1°

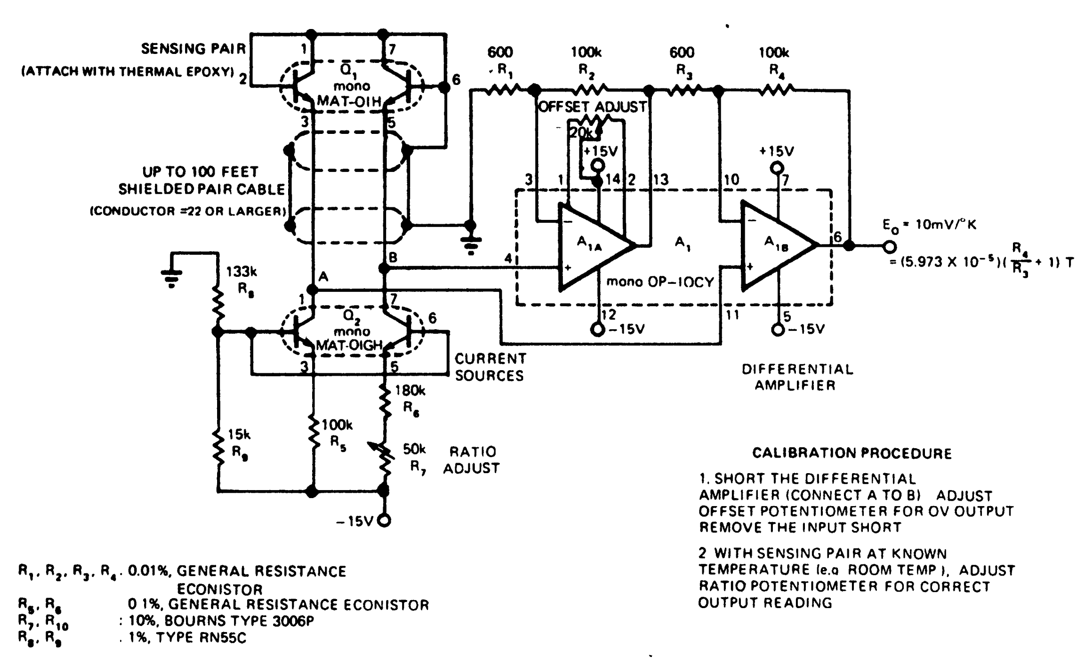
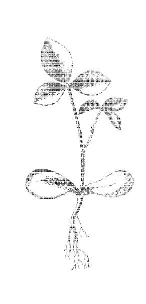


Рис. 2.44

Симметричные пары транзисторов и однокорпусная пара операционных усилителей (рис. 2.44), используемых в схеме, позволяют получить прецизионную измерительную систему для измерения температуры, которую можно достаточно просто откалибровать. Система имеет долговременную стабильность и может работать с датчиком, состоящим из транзисторных пар, которые возможно использовать с удалением от схемы до 30 м. Коэффициент подавления синфазной составляющей на входе усилителя более 100 дБ. Выходное напряжение составляет +2,18 В при –55 °С (218 °К) и растет до +3,98 В при +125 °С (398 °К).



3. Схемы для тестирования

В этой главе содержится многочисленное количество схем для тестирования диодов, транзисторов, операционных усилителей, микросхем, катушек индуктивности, кварцевых резонаторов, фильтров и источников питания, которые используются совместно с графопостроителями, генераторами сигналов, приборами для проверки прохождения сигналов, измерителями максимальной мощности, токовым зондом для печатных плат, цифровым псевдогенератором случайных чисел.

3.1. Характериограф для полевого транзистора

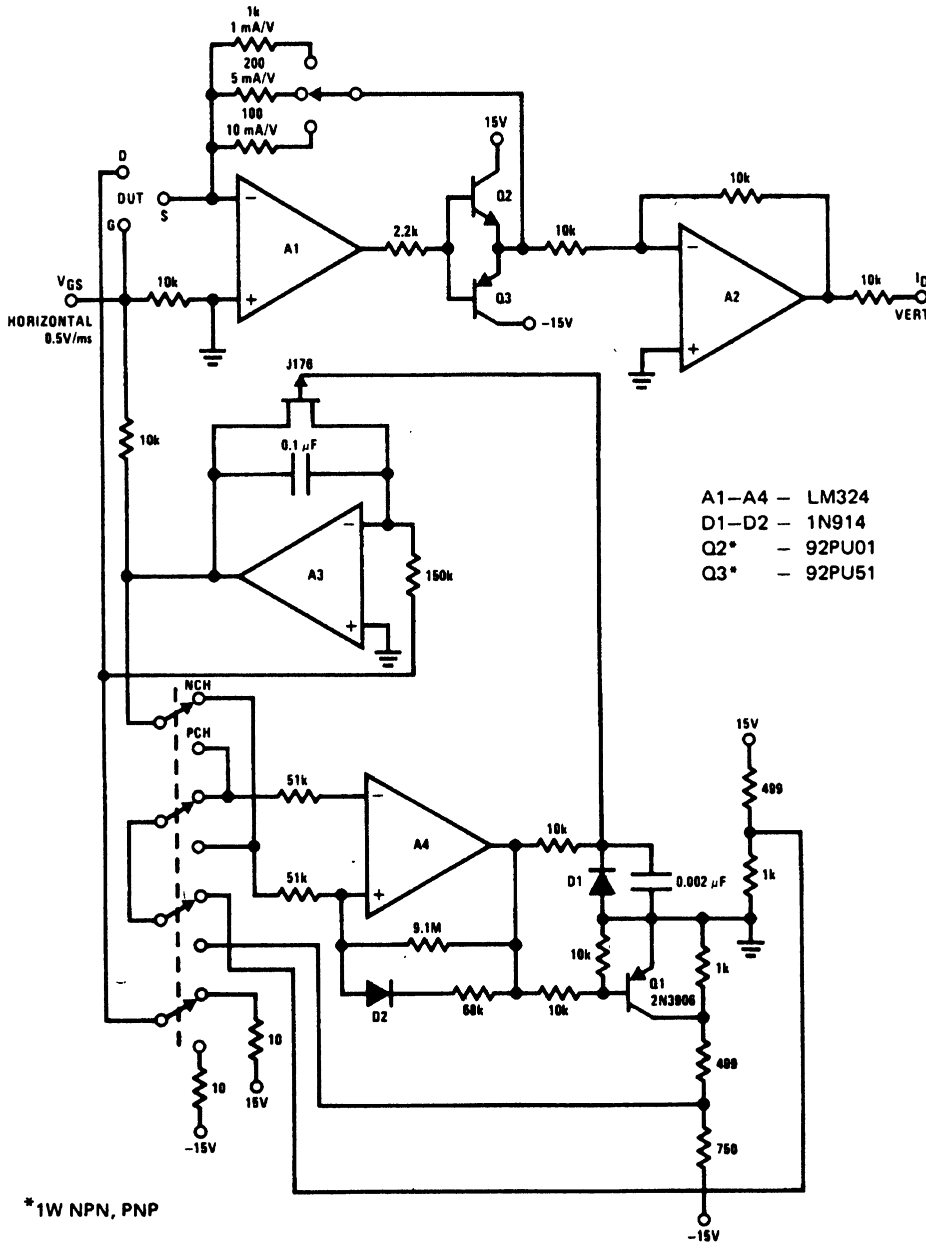


Рис. 3.1

Четыре операционных усилителя в одном корпусе типа LM324 (рис. 3.1) и полевой транзистор-переключатель с *p-n*-переходом J176 образуют основу простого характериографа, который может использоваться совместно с осциллографом. Схема показывает ток стока с помощью напряжения затвора как для *p*-канального, так и *n*-канального полевого транзистора при постоянном напряжении стока. Скорость отклонения составляет 0,5 В/мс при максимальном напряжении затвора от ±5 В. Ток стока подключается к входу вертикальной развертки осциллографа (I_D), а напряжение затвора — к входу горизонтальной развертки (V_{GS}).

3.2. Низкочастотный генератор контрольного сигнала

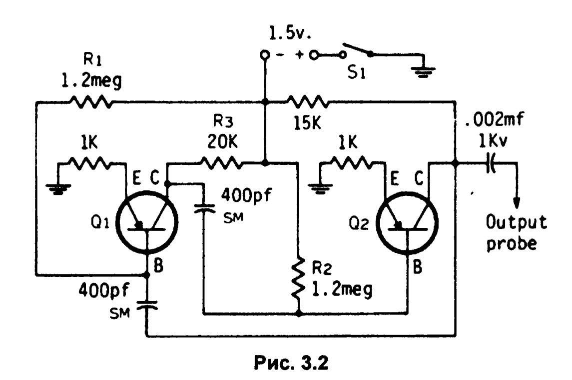


Рис. 3.2

Устройство, представленное на рис. 3.2, можно разместить в корпусе миниатюрного карманного фонаря. Для питания генератора используется отдельная батарея для карманных фонарей или другой элемент на 1,5 В. Выходной зонд для подачи сигнала в тестируемую НЧ-схему изготовлен из заточенной жесткой проволоки длиной примерно 2,5 см. Для получения большего выходного напряжения необходимо подключение общей точки генератора с общей точкой тестируемого устройства. В качестве транзистора Q1 могут быть применены транзисторы типа HEP253, 2N519, 2N741A, 2N2929 или эквивалентные, а в качестве транзистора Q2 — транзисторы HEP3, 2N1280, 2N2273, SK3005 или эквивалентные им. Подбором величины сопротивления резисторов R1 и R2 можно регулировать величину уровня выходного сигнала, а подбором сопротивления резистора R3, в случае необходимости, можно добиться получения приятного тона выходного сигнала генератора. Сигнал через зонд подается на вход усилителя НЧ-приемника или Hi-Fi-системы. Если тестируемая схема между местом подключения пробника и динамиком в порядке, то в динамике должен быть слышен звук с частотой выходного сигнала генератора.

3.3. Транзисторно-диодный пробник

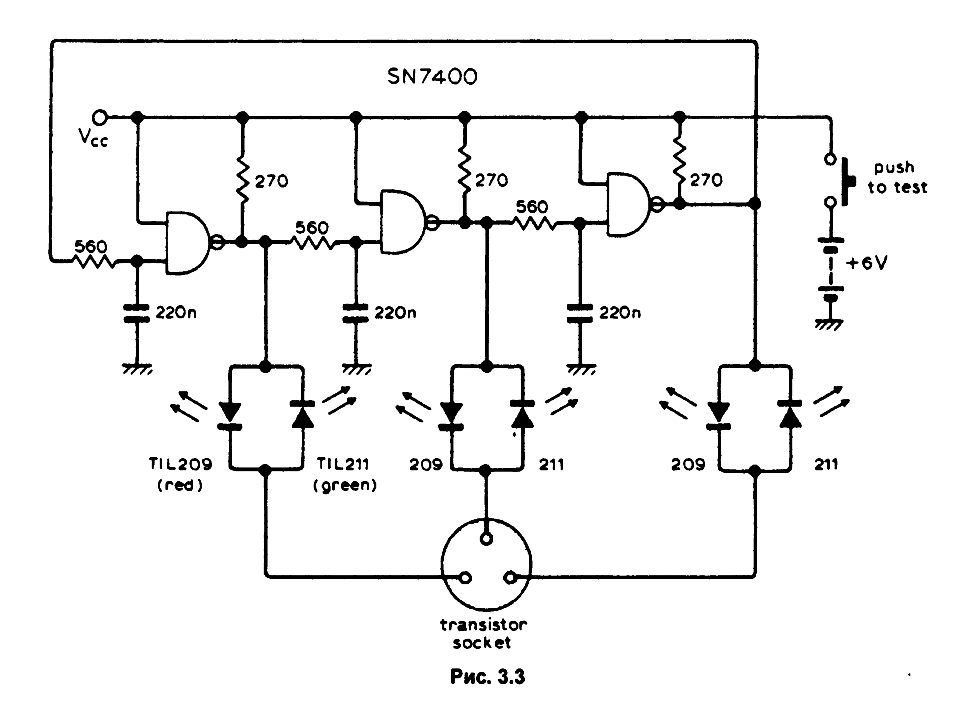


Рис. 3.3

Пробник (рис. 3.3) при тестировании определяет полярность, короткое замыкание и обрыв. Для индикации используются 6 светодиодов. Схема формирует цифровой 3-фазный сигнал с помощью генератора частотой 2 кГц, который совместно со светодиодами используется для тестирования изделия. Сигнал генератора служит для того, чтобы питать каждый из нескольких выводов испытываемого комплектующего изделия в прямом направлении, обратном и смещенном на одну треть цикла. Ток, который течет к проверяемому изделию, включает красные светодиоды. Ток, протекающий от проверяемого изделия, включает зеленые светодиоды. При этом определяется полярность и позиция вывода базы.

3.4. Диодный пробник с осциллографом

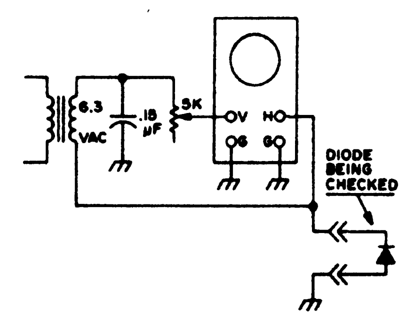


Рис. 3.4

Диоды проверяются и подбираются с использованием достаточно простой установки (рис. 3.4). На вход вертикальной развертки осциллографа после трансформатора поступает сигнал с частотой питающей сети. На вход горизонтальной развертки осциллографа поступает сигнал с тестируемого диода. Отсортировав диоды по их типу, установите потенциометр на желаемую величину отклонения луча хорошего (заведомо исправного) диода и отмечайте относительные величины следа луча, который возникает при тестировании неизвестных диодов. Диоды, которые формируют нечеткие или завитые характеристики на экране осциллографа, можно выбросить.

3.5. Диодный характериограф

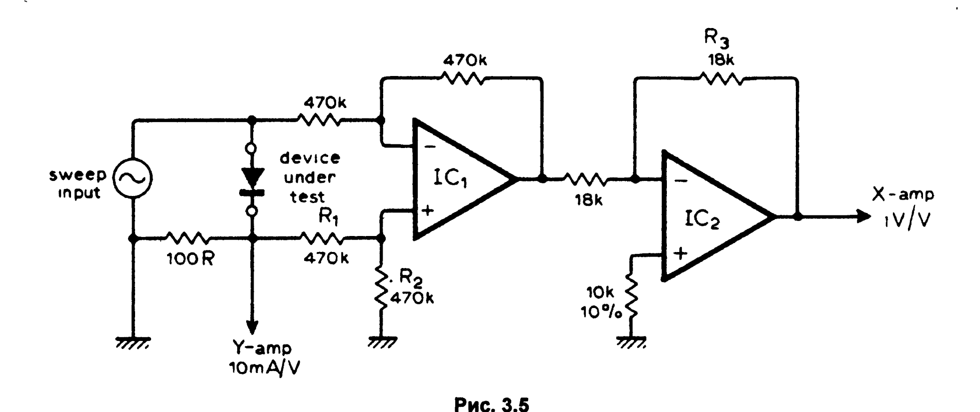


Рис. 3.5

Схема (рис. 3.5) разрабатывалась для того, чтобы воспроизводить кривые характеристик напряжения/тока диодов или других комплектующих изделий с использованием 2-входового осциллографа. Напряжение развёртки может быть любым небольшим переменным напряжением, например, 20 В от регулируемого трансформатора. Тестируемые изделия с 3 выводами так же могут быть проверены, если использовать внешнее напряжение смещения. В качестве операционных усилителей IC_1 и IC_2 используется микросхема типа 741.

3.6. Тестер для кварцевого резонатора

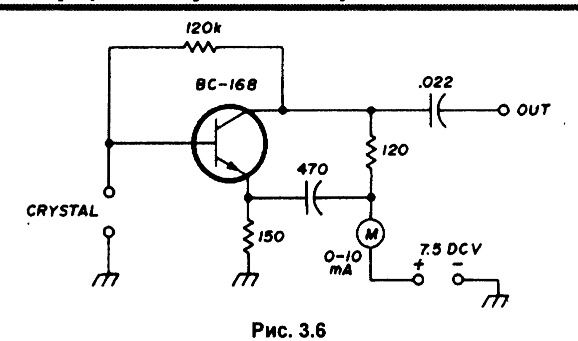


Рис. 3.6

Простая схема генератора на одном транзисторе (рис. 3.6) проверяет функционирование и резонансную частоту кварцевого резонатора (кварца), если это необходимо или когда требуется подобрать подобранные кварцы для фильтра. Для проверки частоты сигнал с выхода кварцевого генератора поступает в счетчик частоты. Указанные значения применимы для кварцевых резонаторов с частотой около 5,5 МГц. При поиске соответствия можно достичь более высокой точности, если для считывания гармоник генератора применить осциллограф.

3.7. Тестер для герметичных катушек

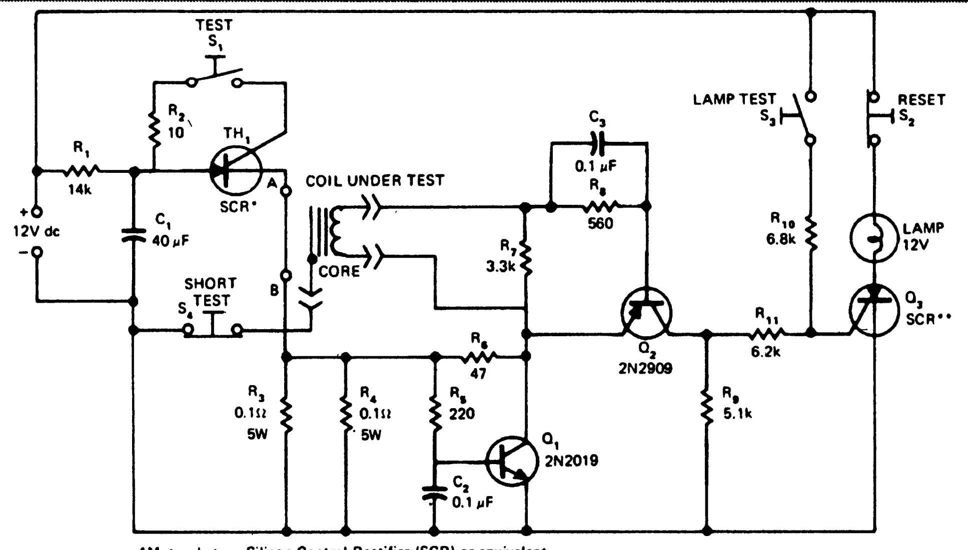


Рис. 3.7

Тестер (рис. 3.7) позволяет проводить быстрое тестирование герметично закрытых катушек без их разрушения на предмет обрыва или короткого замыкания обмотки, короткого замыкания между катушками и перепутанной полярности выводов. Схема может использоваться для одновременного теста всех катушек записывающей головки до 18 дорожек. Схема выдает тест-импульс с предопределенной полярностью, амплитудой и длительностью. Для блоков с комбинированными катушками схема детектора с соответствующей индикаторной лампой должна быть применена для каждой катушки.

3.8. Сигнал-генератор

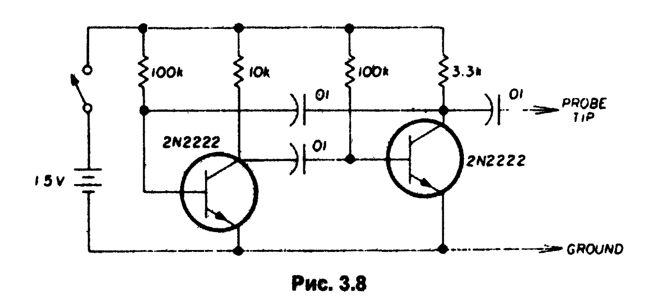


Рис. 3.8

Схема сигнал-генератора (рис. 3.8) является обычным мультивибратором с частотой 1 кГц на выходе, она содержит высшие гармоники до частоты 50 МГц и используется вместе со схемой отслеживания сигнала при отладке устройств низкой частоты. В данной схеме может использоваться практически любой *n-p-n*-транзистор.

3.9. Тестовый генератор для транзисторов

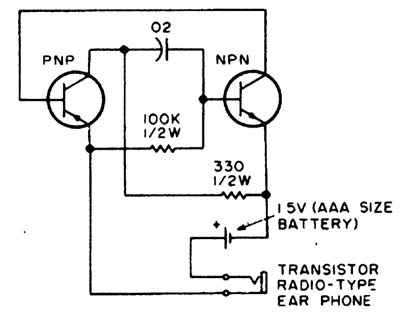


Рис. 3.9

С любыми исправными транзисторами схема, представленная на рис. 3.9, издает в наушниках слышимый непрерывный тональный звук. Для проверки другого транзистора необходимо заменить им, в соответствующем гнезде, заведомо исправный транзистор (PNP или NPN). Отсутствие звука говорит о том, что транзистор неисправен. Низкий звук или стрекотание указывает на дефектное состояние проверяемого транзистора. Если тип транзистора не известен, то требуется опробовать его в обоих гнездах. Если выводы не известны или не могут идентифицироваться, то должны быть опробованы все три возможные позиции в гнезде.

3.10. Подбор операционных усилителей

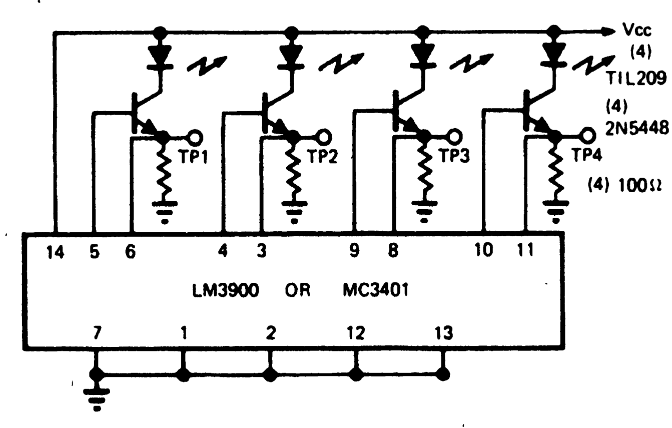


Рис. 3.10

Представленная достаточно простая схема (рис. 3.10) тестирует состояние четырех операционных усилителей Нортона (LM3900 производства National или MC3401 — Motorola). Может использоваться также для подбора или выбора деталей с похожей характеристикой постоянного тока. Испытываемый усилитель помещается в панельку с подключенными к ней деталями схемы. Если элементы хорошие, то все 4 светодиода схемы светятся с одинаковой яркостью и все 4 напряжения в контрольных точках TP1—TP4 показывают примерно 2 мВ. Если элемент усилителя не исправен, то светодиод светится очень ярко или наоборот вообще не светится. Большие отклонения в напряжениях в контрольных точках также означают частичное нарушение работоспособности тестируемых усилителей. Для критических к разбросу параметров устройств усилители нужно выбирать таким образом, чтобы значения напряжений в контрольных точках были близки друг к другу.

3.11. Схема для проверки тока утечки диодов и полевых транзисторов

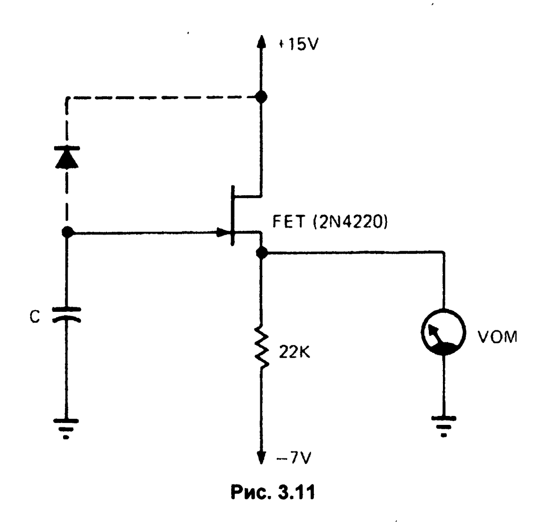


Рис. 3.11

Испытываемый полевой транзистор (рис. 3.11) совместно с резистором сопротивлением 22 кОм подключен как истоковый повторитель. Затвор транзистора заземлен через конденсатор С. Ток утечки полевого транзистора заряжает конденсатор со скоростью, которая непосредственно пропорциональна току утечки и косвенно пропорциональна величине емкости конденсатора. С помощью конденсатора С емкостью 0,01 мкФ показывается каждый вольт изменения через конденсатор С сохраненного заряда от 10^{-8} кулон. Это может интерпретироваться как ток в амперах, если время, которое необходимо для увеличения напряжения на конденсаторе до 1 В, измеряется секундомером, и в это время снимаются показания вольтметра. Для тестирования диода требуется подключить его, как это показано штриховой линией на схеме, и использовать заведомо хороший полевой транзистор. Если напряжение через конденсатор С вырастет за 38,7 сек до 1 В, то ток утечки будет равен 0,258 нА.

4 Зак. 1033

3.12. Тестер высокочастотного транзистора

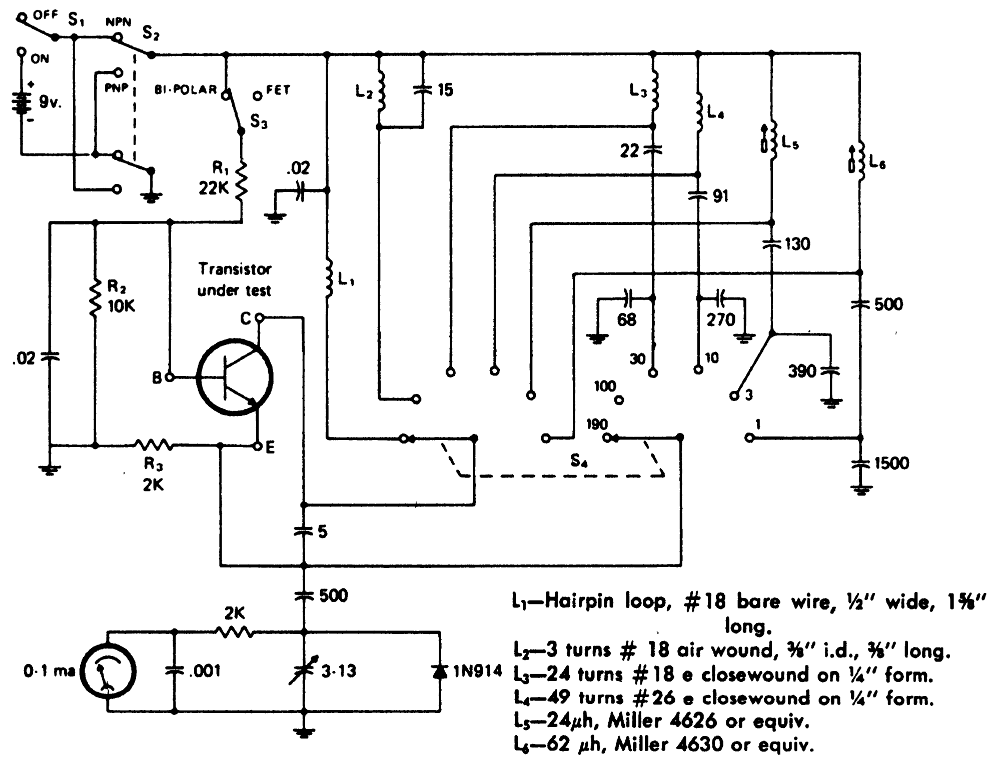


Рис. 3.12

Схема тестера (рис. 3.12) позволяет определить, является ли неизвестный тестируемый прибор полевым транзистором низкой, высокой или очень высокой частоты или речь идет о транзисторе *n-p-n* или *p-n-p*. Испытываемый транзистор вставляется в схему генератора с изменяющейся частотой с помощью клемм "В" (база), "С" (коллектор) и "Е" (эмиттер). Амплитуда колебания наблюдается на измерительном приборе. Наивысшая частота колебания сравнивается с наивысшей частотой усиления. Шесть позиций переключателя предназначены для включения полосы частот от 1 до 190 МГц.

3.13. Тестер для проверки транзистора на одном операционном усилителе

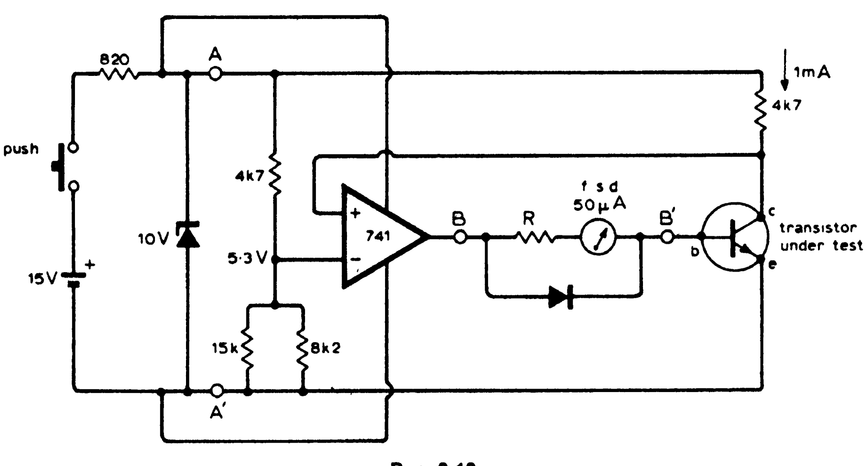


Рис. 3.13

Шкала измерительного прибора тестера (рис. 3.13) калибруется так, что коэффициент усиления *n-p-n*-транзистора непосредственно может считываться в измерительном приборе. Если добавить переключатель, с помощью которого включаются напряжение питания и меняется полярность измерительного прибора, то это позволит также проводить тестирование и *p-n-p*-транзисторов. Если эталонное напряжение операционного усилителя типа 741 составляет 5,3 В, то схема обеспечивает ток базы достаточный для того, чтобы ток коллектора вырастал до 1 мА. Коэффициент усиления по напряжению определяется как ток коллектора 1 мА деленный на ток базы, измеренный в микроамперах. Таким образом, точка "50 мкА" на измерительном приборе маркируется для усиления 20 (1000/50). При 2,5 мкА усиление — 400.

3.14. Программируемый тестер для цифровых ИС

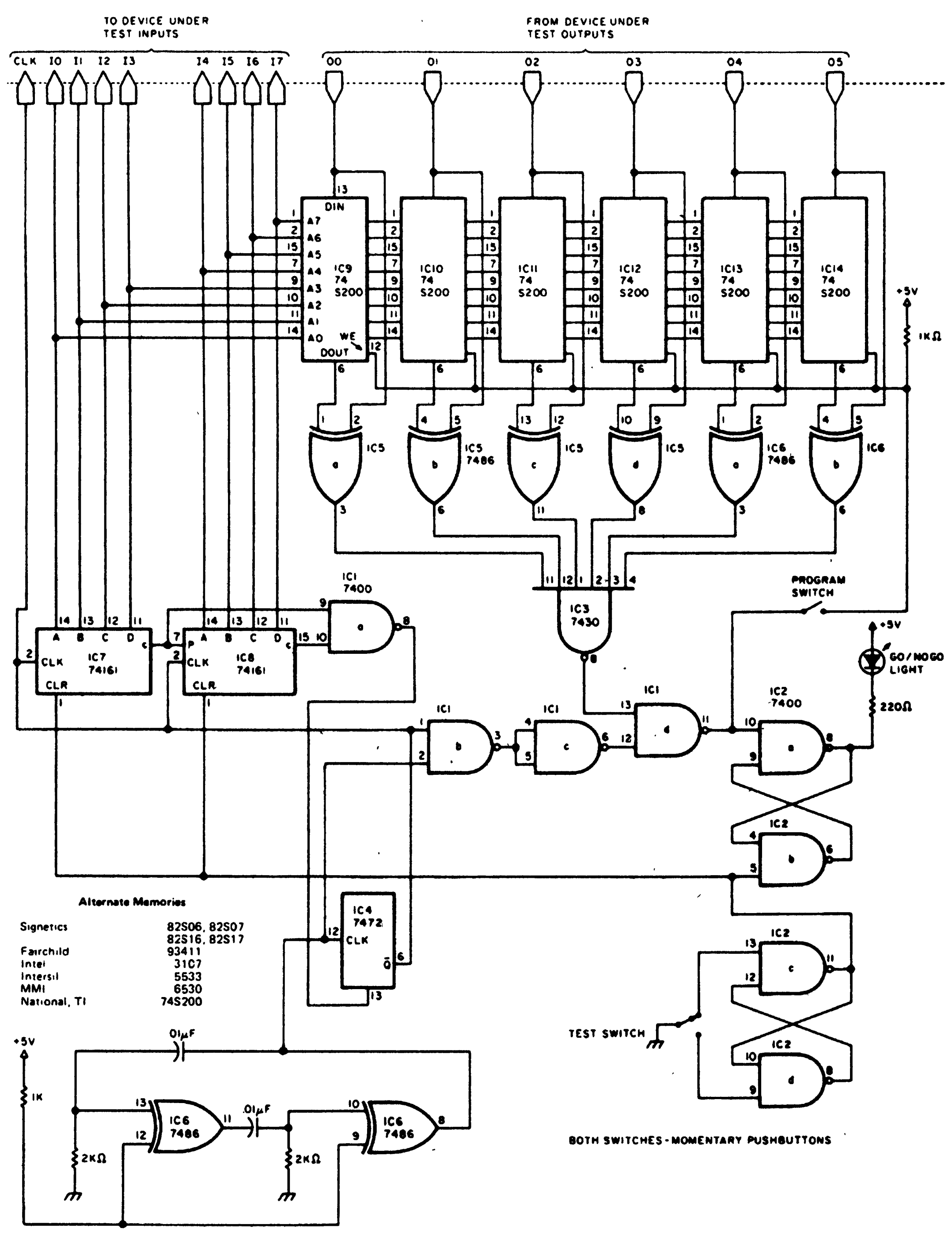


Рис. 3.14

Схема (рис. 3.14) предоставляет возможность автоматического, непосредственного и основательного тестирования логических элементов малой степени интеграции, инверсных триггерных схем и т. д. А также счетчиков среднего уровня интеграции, регистров-защелок, регистров сдвига и т. д. Схема посылает входные данные для испытываемого прибора (DUT — Device Under Test) по 9 проводам и получает данные по 6 проводам. Когда переключатель "TEST SWITCH" замкнут и находится в нижнем по схеме положении, двоичный счетчик IC7—IC8, который включает входные провода испытываемого прибора, возвращается в исходное состояние и срабатывает триггер, который включает светодиод "GO / NO GO" (Работает/Не работает). После возвращения переключателя "TEST SWITCH" в исходное верхнее по схеме положение запускается счетчик по всем 256 входным состояниям. Во время подсчета данные в проводах выхода будут сравниваться с данными запоминающего устройства на микросхемах IC9—IC14. Если встречается несоответствие, то триггер "GO/NO GO" сбрасывается на этом месте счетчика, вход сброса триггера тактового генератора устанавливается на низкий уровень и следующий подсчет подавляется до тех пор, пока снова не будет нажат переключатель "TEST SWITCH". Если светодиод "GO/NO GO" продолжает светиться, то деталь выдержала тест. Для программирования переключатель "PROGRAM SWITCH" должен быть нажат во время тестирования заведомо хорошего прибора.

3.15. Тестер аудиокабеля

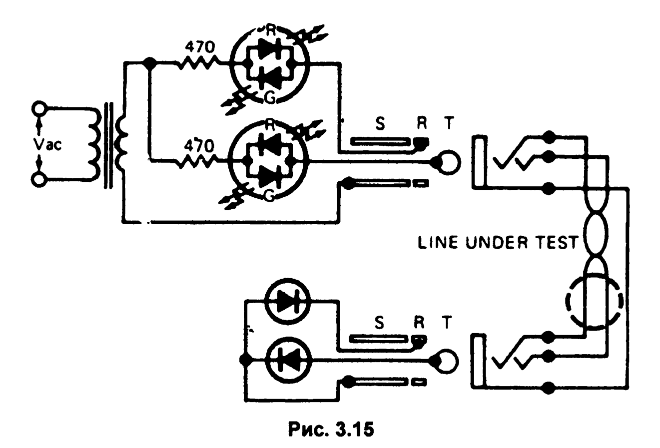


Рис. 3.15

С помощью тестера (рис. 3.15) проводится полное испытание двухжильного экранированного кабеля, индицируются возможные короткие замыкания между проводниками и нормальное прохождение теста для каждого проводника кабеля. Тестер, который использует зависимые от полярности двухцветные светодиоды, подключен с одного конца испытываемого кабеля. На другой стороне кабеля подключен штекер с 2 диодами. Если кабель исправен, то светятся только зеленые светодиоды. Если проводник в кабеле оборван, то не светятся оба зеленых светодиода или один из них, соответствующий проводу с обрывом. Один или оба красных светодиода светятся при коротком замыкании в какой-либо комбинации в кабеле или если кабель подключен не верно.

3.16. Высокоточная схема характериографа

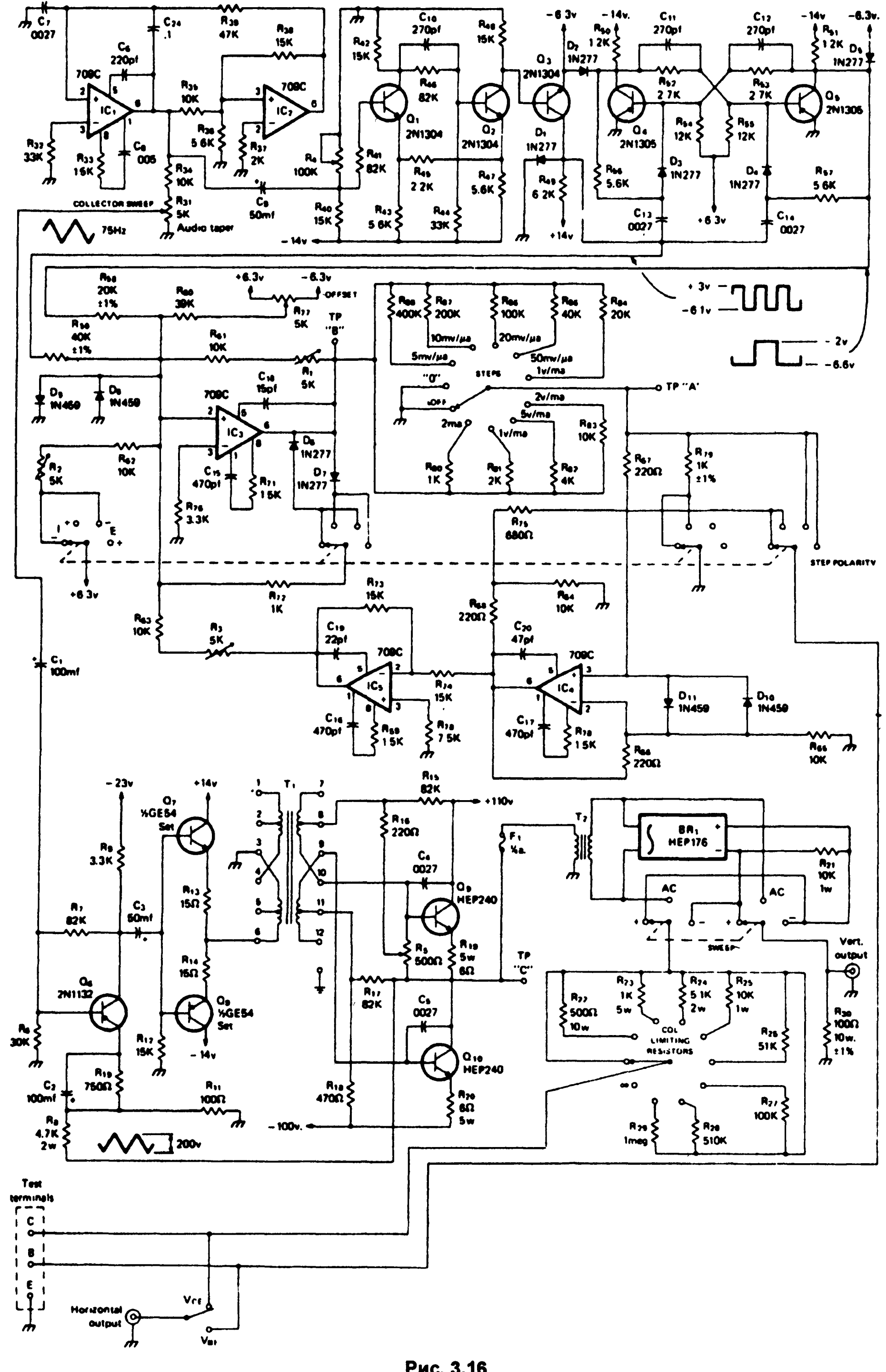


Рис. 3.16

Схема характериографа (рис. 3.16) может использоваться совместно с любым калибруемым осциллографом для испытания или подбора транзисторов и диодов методом сравнения их кривых. Все операционные усилители, используемые в схеме, типа 709С. Сигналы пилообразной формы, генерируемые микросхемами IC_1—IC_2, поступают на триггер Шмитта на транзисторах Q_1—Q_2, который формирует прямоугольные импульсы, возникающие при переключении перехода через нуль колебаний пилообразной формы. Транзистор Q_3 ограничивает амплитуду прямоугольных импульсов напряжением питания 6,3 В. Триггер на транзисторах Q_4—Q_5 формирует прямоугольные импульсы, но с половиной частоты пилообразного колебания. Комбинация прямоугольных импульсов дает в итоге трехступенчатое напряжение со ступенями, которые появляются точно в момент перехода через нуль пилообразного сигнала. T_1 — НЧ-трансформатор типа UTC A-20, а T2 — развязывающий трансформатор P-6411 I5-W 1:1 компании Stancor.

3.17. Панелька для проверки логических микросхем

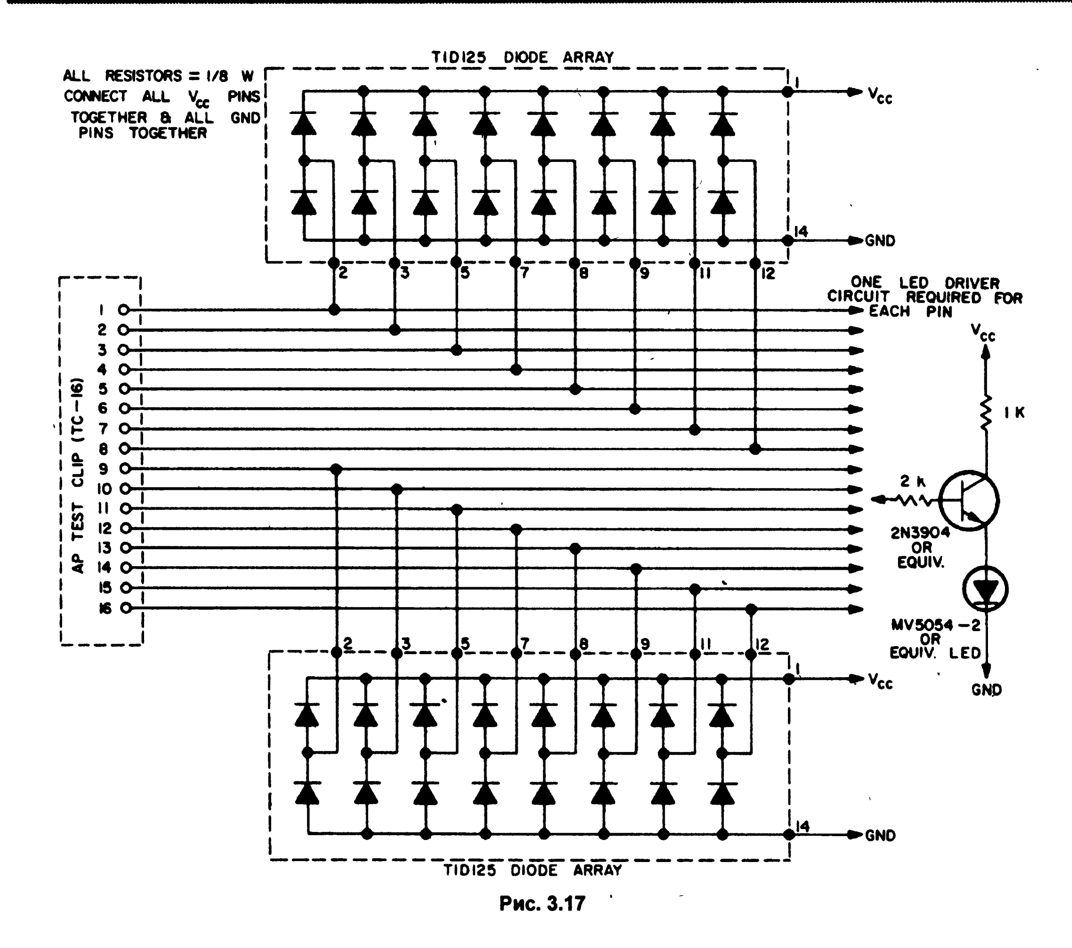


Рис. 3.17

Приведенная на рис. 3.17 схема позволяет проводить тестирование всех типов 16-выводных микросхем. Светодиодная панель показывает логические состояния каждого вывода ИС. Схема использует диодные матрицы типа TID125 компании Texas Instruments, подключенные к панельке для тестирования микросхем. Кроме того, эти матрицы подключены к напряжению питания (V_{CC}) и общему проводу (GND (заземление или общий провод)). Каждый вывод панельки используется для подключения к транзисторной схеме индикации на светодиодах. При этом позиция для подключения к панельке не важна. Для ИС с 14 выводами 2 контакта не учитываются. Схема может расширяться и для ИС с 24 или даже 40 выводами, хотя в этом случае требуется добавление большого количества светодиодов, что затрудняет применение подобной панельки.

3.18. Определитель выводов транзистора

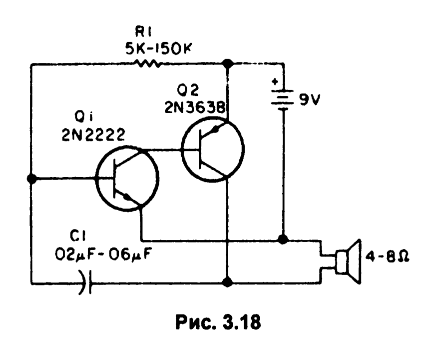


Рис. 3.18

Простой НЧ-генератор монтируется, как показано на схеме (рис. 3.18). Значения резистора R1 и конденсатора C1 подбираются для достижения желаемого тона звука. Испытываемый транзистор заменяет в схеме транзистор соответствующего типа (*n-p-n*-транзистор — Q1, а *p-n-p*-транзистор — Q2) и поворачивается в панельке до тех пор, пока генератор снова не заработает; это означает, что выводы тестируемого транзистора соответствуют выводам эталонного транзистора. Если генератор не работает ни при одной из 3 возможных комбинаций, то транзистор неисправен.

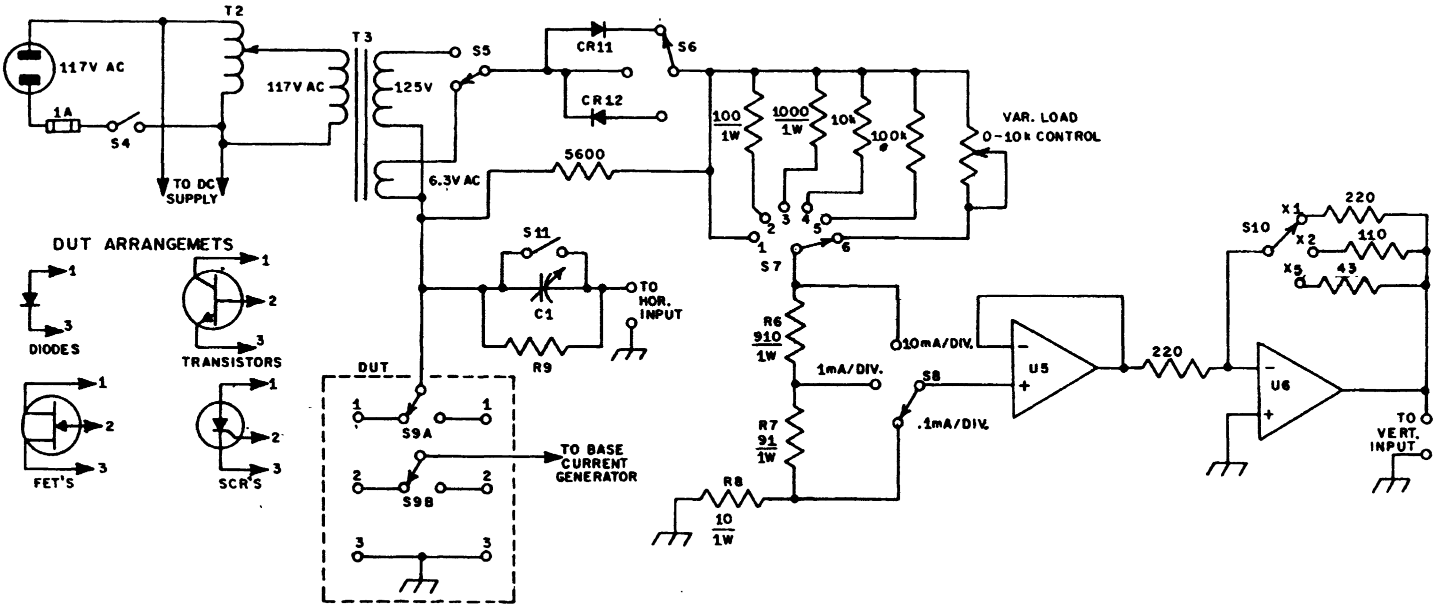

BASIC I-V GENERATOR
T2
T3
117V AC
117V AC
1A
S4
TO DC SUPPLY
125V
6.3V AC
S5
CR11
CR12
S6
5600
100 1W
1000 1W
10k
100k
VAR. LOAD 0-10k CONTROL
S7
R6 910 1W
R7 91 1W
R8 10 1W
10mA/DIV.
1mA/DIV.
.1mA/DIV.
S8
U5
220
U6
S10
X1
X2
X5
220
110
43
TO VERT. INPUT
S11
C1
R9
TO HOR. INPUT
DUT
S9A
S9B
TO BASE CURRENT GENERATOR
DUT ARRANGEMETS
DIODES
TRANSISTORS
FET'S
SCR'S

Рис. 3.19

Если схема позволяет с помощью генератора изменяющегося напряжения соответственно изменять ток базы, то она дает возможность воспроизвести серию кривых ток-напряжение (I–U), как функцию тока базы для транзисторов и других полупроводниковых деталей с 3 выводами. В данной схеме характериографа (рис. 3.19) от повторителя напряжения на микросхеме U5 и инвертирующего усилителя U6 можно отказаться, если правильное направление индикации тока не очень важно. Тумблер S11 включает и выключает делитель C1R9. Резистор R9 на 18 МОм (соответствует примерно девятикратному входному сопротивлению осциллографа). Слюдяной подстроечный конденсатор C1 на 7—13 пФ. Диоды типа 1N4822, U5 и U6 — микросхемы типа 741 компании Fairchild. Трансформатор T2 — переменный автотрансформатор на 1 А, трансформатор T3 — сетевой трансформатор на 125 В/15 мА для первичной и 6,3 В/0,6 А для вторичной обмотки.

3.20. Миниатюрный тестер для кварцевого резонатора

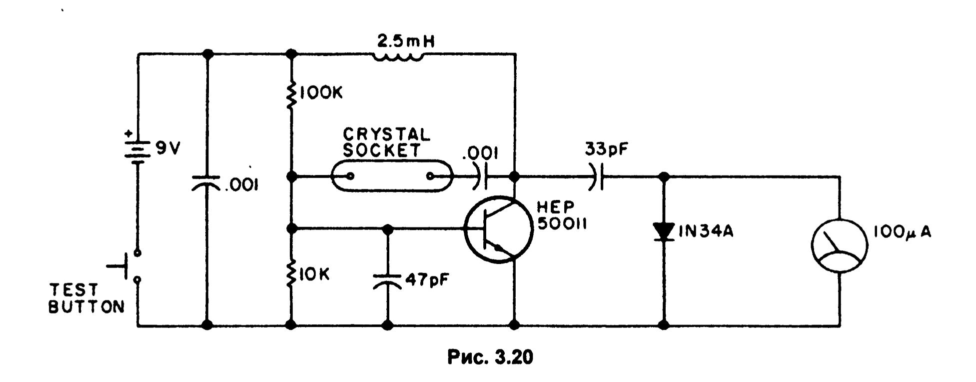


Рис. 3.20

Тестер, показанный на рис. 3.20, позволяет быстро контролировать при покупке состояние новых и бывших в употреблении кварцевых резонаторов (кварцев). При нажатии на кнопку "TEST BUTTON", если кварц работает правильно, измерительный прибор показывает плавное отклонение к середине шкалы.

3.21. Тестер диодов

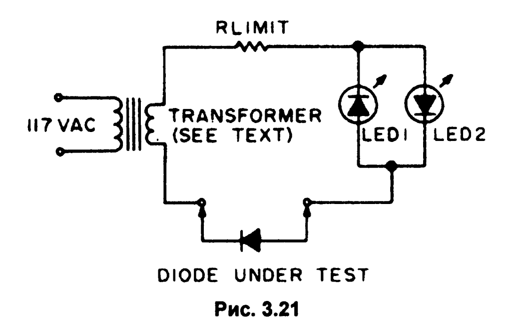


Рис. 3.21

Для реализации схемы (рис. 3.21) требуются только один резистор, 2 светодиода и какой-либо маленький сетевой трансформатор, выдающий 3—25 В переменного напряжения на выходе. Если испытываемый диод находится в состоянии обрыва, то ни один светодиод не светится. Если диод "пробит" (замкнут накоротко), то светится светодиод LED1 при первой полуволне и светодиод LED2 при следующей. Возникает ощущение, что оба непрерывно светятся. Когда диод в порядке, тогда светится только один светодиод LED1, если анод диода подключен к трансформатору и светится LED2 при другой полярности. Сопротивление резистора R_{LIMIT} нужно выбирать таким образом, чтобы ток через диод был ограничен примерно на уровне 10 мА.

3.22. Тестер лампового стабилитрона

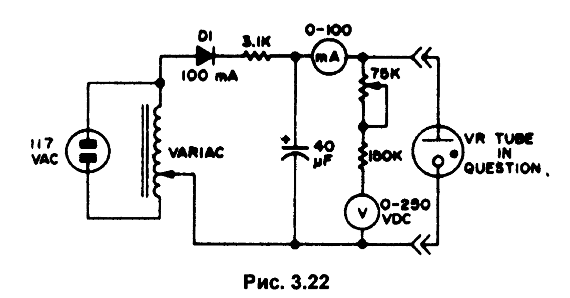


Рис. 3.22

Выходное напряжение регулируемого трансформатора, показанного на схеме тестера (рис. 3.22), медленно повышается до тех пор, пока лампа стабилитрона (стабилизатора напряжения) не зажжется, и тогда могут быть сняты показания тока и напряжения. Исправная лампа стабилитрона зажигается при ее номинальном напряжении и номинальном токе.

3.23. Карманный тестер кварцевого резонатора

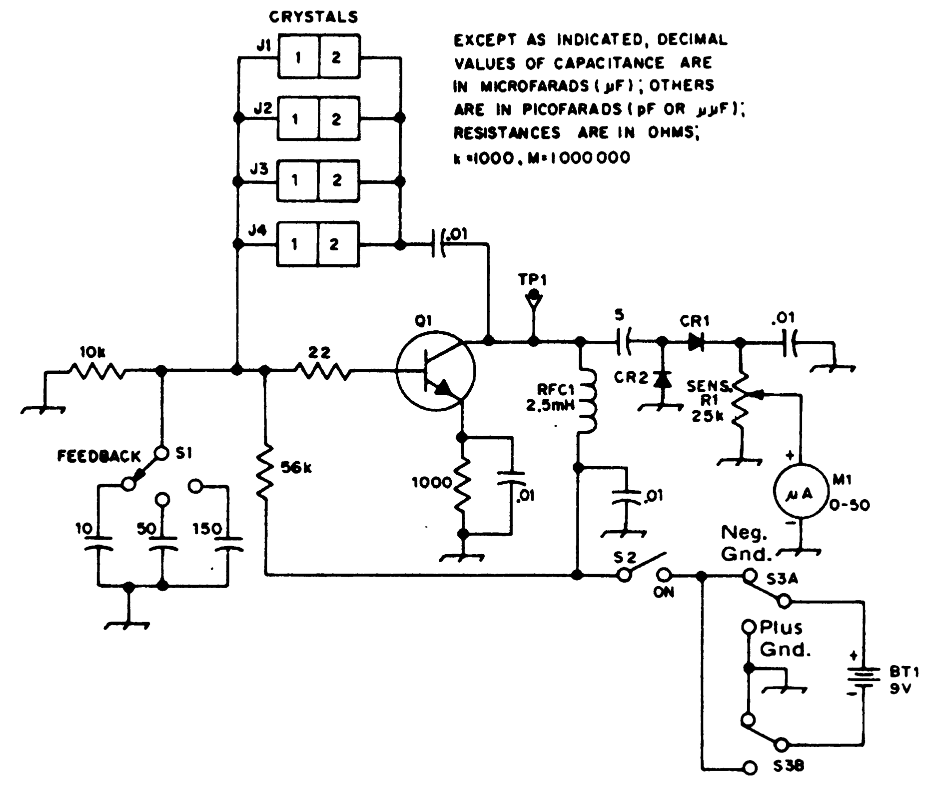


Рис. 3.23

Основой схемы тестера (рис. 3.23) является генератор Пирса на *n-p-n*-транзисторе (типа 2N4124, MPS3563 или HEP53), который с помощью прибора M1 показывает, генерирует ли кварц в диапазоне от максимального до минимального значения частоты равного 455 кГц. Для более низких частот емкость конденсатора обратной связи, подключаемого с помощью переключателя S1, должна быть увеличена. Панельки J1—J4 используются для различных типов кварцев, которые должны испытываться. С заведомо хорошим кварцем схема может использоваться также для тестирования биполярных транзисторов, причем переключателем S3 может устанавливаться правильная полярность. В схеме применяются германиевые диоды типа 1N34A или эквивалентные им.

3.24. Тестер для определения пробоя транзистора

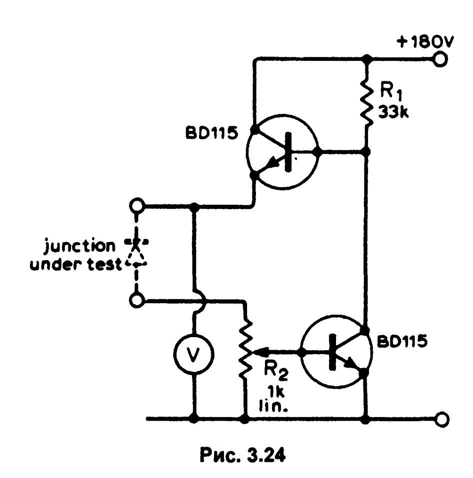


Рис. 3.24

Простая схема тестера (рис. 3.24) измеряет напряжение пробоя большинства маломощных и мощных транзисторов, небольших силовых диодов и стабилитронов. Питание осуществляется от маломощного источника с напряжением 180 В. Резистор R_1 определяет режим верхнего транзистора. Если напряжение подается к диоду или переходу испытываемого транзистора, то они закрываются и ток течет через обратное сопротивление испытуемого прибора и резистор R_2. В связи с этим открывается нижний транзистор и напряжение базы верхнего транзистора падает. Резистор R_2 может использоваться для установки тока пробоя при большом диапазоне. Вольтметр показывает напряжение пробоя перехода, поскольку малым падением напряжения через резистор R_2 можно пренебречь.

3.25. Прибор для измерения максимальной мощности

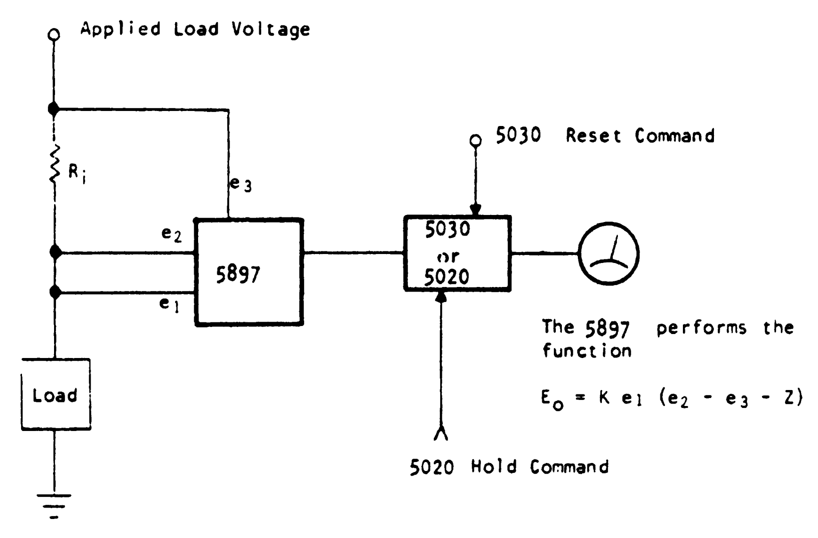


Рис. 3.25

Умножитель 5897 производства фирмы Optical Electronics, используемый в приборе (рис. 3.25), применяется для определения напряжения и тока в нагрузке (мощности), и отображает их в приборе пульта управления или с помощью другого внешнего прибора. Схему можно применять для измерения максимальной мощности, которая поступает к транзистору, двигателю, лампе или другому двухполюснику. Если определять максимальную мощность требуется в определенный момент, например, при отказе транзистора, то будет использован модуль выборки и хранения на ИС 5020 или ИС 5030. Команда Hold (Хранение) может поступать от триггера, который будет переключаться, когда происходит резкое изменение в нагрузке.

3.26. TTL-тестер

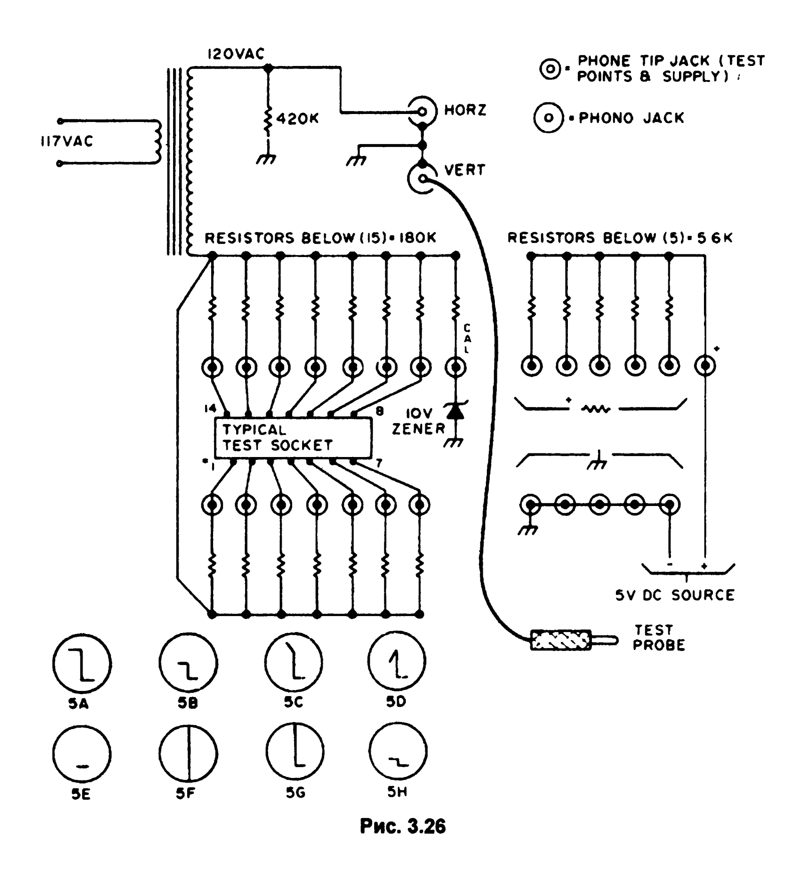


Рис. 3.26

Тестер (рис. 3.26) используется для определения качества, распознавания внутренних элементов и не маркированных выводов TTL-микросхем. Работает от источника питания 5 В, который должен иметь выход с ограничением тока для защиты от короткого замыкания. Тестер применяется совместно с обычным осциллографом, гнезда для подключения усилителя горизонтального и вертикального отклонения которого показаны на схеме.

3.27. Тестер полосового фильтра

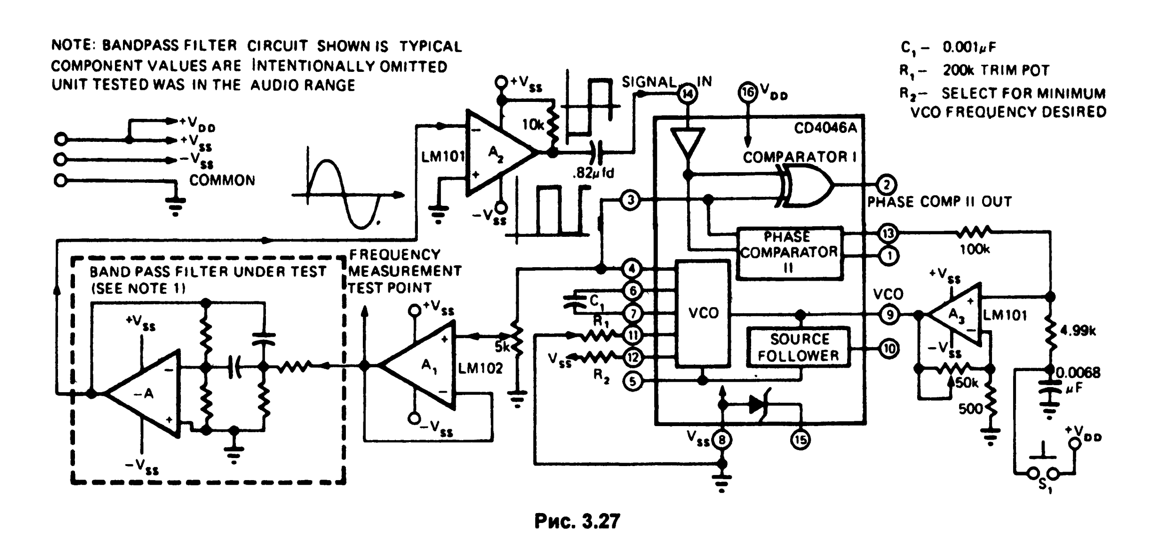


Рис. 3.27

Центральная частота активного полосового фильтра измеряется с использованием схемы генератора с фазовой автоподстройкой частоты CD4046A (рис. 3.27). Выход генератора VCO (вывод 4), управляемого напряжением, подключается к тестируемому полосовому фильтру через буферный усилитель A_1. Выходной сигнал фильтра подается на вход усилителя-ограничителя A_2, с которого сигнал прямоугольной формы поступает на вход компаратора системы фазовой автоподстройки частоты микросхемы CD4046A. Когда генератор, управляемый напряжением, и сигналы фильтра будут находиться в фазе, что соответствует углу фаз 0°, генератор системы фазовой автоподстройки частоты будет настроен на центральную частоту фильтра. Точность измерения составляет 1 % для НЧ-диапазона.

3.28. Генератор качающейся частоты

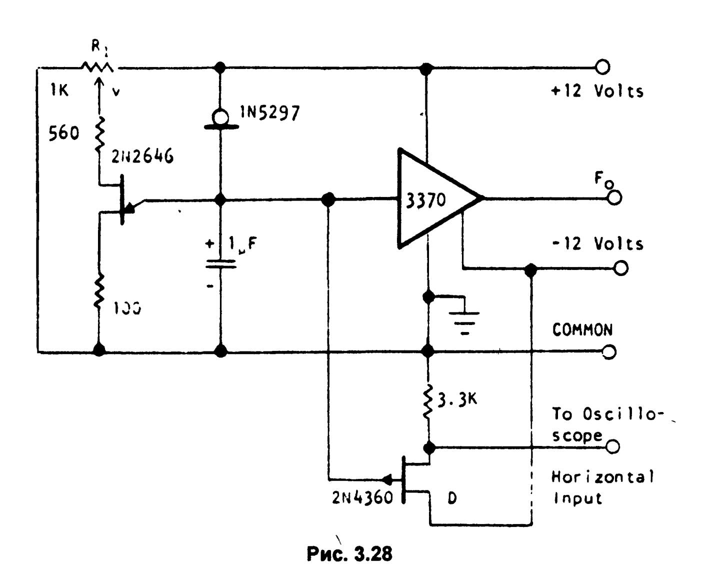


Рис. 3.28

Генератор качающейся частоты необходим для испытания частотной характеристики активных и пассивных цепей. Центральная частота выхода генератора (рис. 3.28) может изменяться под воздействием напряжения колебаний пилообразной формы или регулироваться в ИС 3370. Колебания пилообразной формы с выхода генератора на транзисторе типа 2N2646 поступают на вход преобразователя напряжение-частота в ИС 3370 от фирмы Optical Electronics, изменяя выходную частоту синусоидального колебания. Сопротивление в цепи стока транзистора определяет величину отклонения частоты от центрального значения. Скорость качания частоты может повышаться при уменьшении емкости танталового конденсатора емкостью 1 мкФ.

3.29. Тестер транзистора

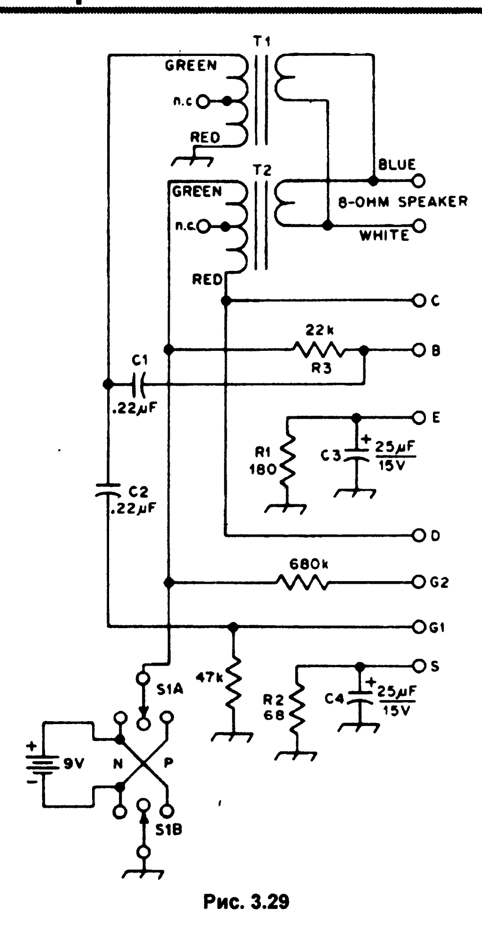


Рис. 3.29

С помощью тестера (рис. 3.29) можно испытывать обычные биполярные, полевые транзисторы, МОП-транзисторы и пары Дарлингтона. Звук с частотой между 1000 и 5000 Гц, издаваемый из внешнего присоединяемого динамика, показывает, что испытываемый транзистор функционирует как генератор и усилитель, а также дает относительное указание на его коэффициент усиления и шума. В схеме могут испытываться различные приборы. У похожих между собой полевых (JFET) или МОП-транзисторов (MOSFET) имеется самый незначительный шум, который дает в итоге самую низкую частоту звука. Для похожих деталей любого вида прибор, имеющий большее усиление, производит более громкий звук. Тестер использует 2 трансформатора для поддержания генерации низкочастотного сигнала, если выводы тестируемого прибора подключены правильно. Переключатель S1 подает положительное или отрицательное напряжение к трансформаторам и тестируемым изделиям. Конденсаторы C3 и C4 должны быть неполярными электролитическими конденсаторами, поскольку на резисторы R1 и R2 подается положительное либо отрицательное напряжение в зависимости от испытываемого устройства. Трансформаторы T1 и T2 имеют сопротивление первичной обмотки 1200 Ом и сопротивление вторичной обмотки 8 Ом (Calectro DI-724). Нужно учитывать, что звуки частотой более 10 кГц означают, что тестируемая деталь имеет незначительное усиление, т. е. не соответствует технической документации или присоединено ошибочно. У МОП-транзистора как исток, так и подложка соединяются с выводом истока.

3.30. Генератор псевдослучайных чисел для цифровых устройств

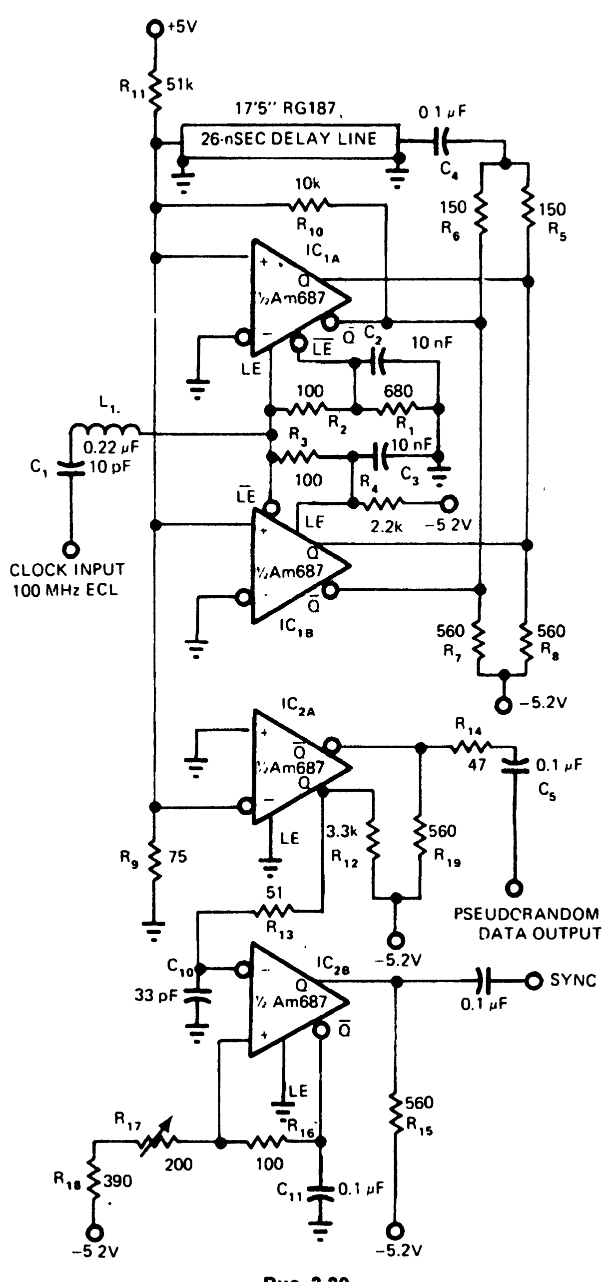


Рис. 3.30

С помощью схемы генератора псевдослучайных чисел (рис. 3.30) измеряются рабочие характеристики высокоскоростных цифровых устройств с полосой пропускания около 200 Мбит/сек. Используются 2 сдвоенных дискретных компаратора и линия задержки. Генератор генерирует последовательности длиной 127 бит. Чтобы генерировать любую другую желаемую длину цифровой последовательности, необходимо использовать соответствующую другую линию задержки.

3.31. Генриметр

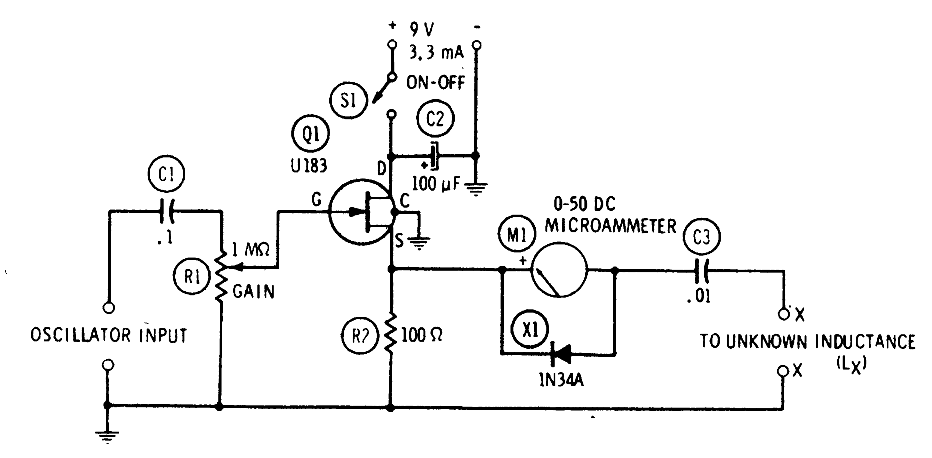


Рис. 3.31

Схема генриметра (рис. 3.31), основанная на методе резонанса и построенная на регулируемом НЧ-генераторе на полевом транзисторе Q1, измеряет любые индуктивности от 60 мкГн до 60 000 Гн. После подключения катушки с неизвестной индуктивностью к выводам X—X внешний генератор, присоединенный к входу "OSCILLATOR INPUT", перестраивается до получения самой большой амплитуды на микроамперметре M1. После этого индуктивность катушки рассчитывается по формуле $L = 1/(395\times10^{-9}f^2)$, причем значение индуктивности L должна измеряться в генри, а частота f — в герцах. Для того чтобы избегать вычислений, диаграмму кривых зависимости индуктивности от частоты можно заранее подготовить. Высокое входное сопротивление полевого транзистора позволяет минимально нагружать внешний генератор. Резистор R1 нужно настраивать таким образом, чтобы измерительный прибор при резонансе показывал полную амплитуду для достижения самой большой чувствительности схемы.

3.32. Тестер источников питания

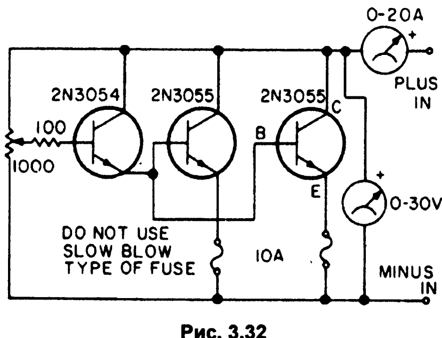


Рис. 3.32

Представленная схема (рис. 3.32) используется как активная полупроводниковая нагрузка с большим значением тока для тестирования источников питания перед их употреблением, чтобы определять их напряжение и ток под нагрузкой. Расположение транзисторов пары Дарлингтона уменьшает необходимую рассеиваемую мощность потенциометра. Для транзисторов типа 2N3055 необходим большой радиатор, т. к. они должны выдерживать 225 Вт рассеиваемой мощности, если источник питания обеспечивает напряжение 15 В при токе 15 А.

3.33. Тестер для кварцевого резонатора

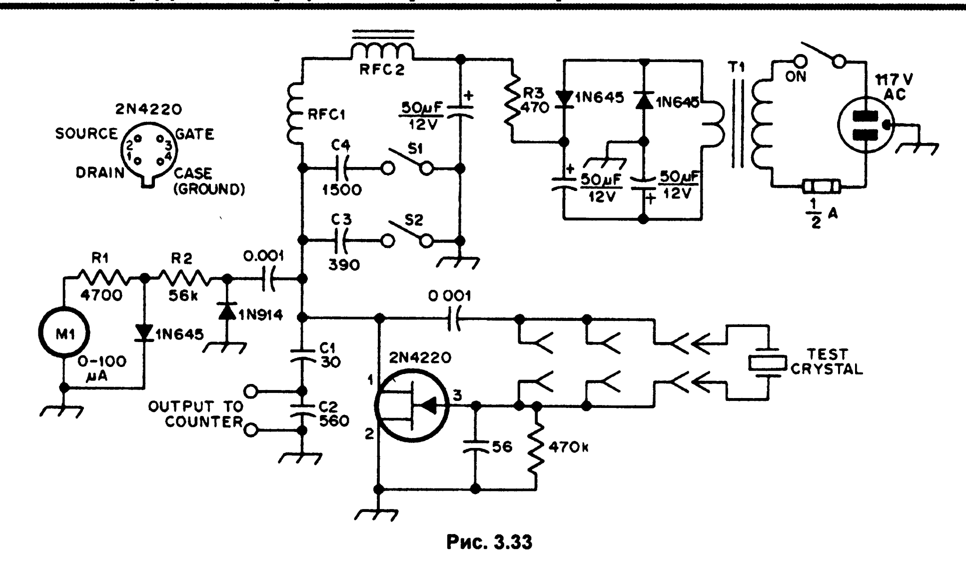


Рис. 3.33

Генератор Пирса на полевом транзисторе 2N4220 (рис. 3.33) тестирует любые кварцевые резонаторы (кварцы) в диапазоне частот от 50 кГц до 25 МГц. Схема используется для определения верхней границы частоты, согласования кварцев и предназначена для подключения внешнего частотомера для измерения частоты кварца. Тестирует кварцы очень высокой частоты (VHF-кварцы) на их основной частоте. T1 — небольшой трансформатор, взятый от лампового радиоприемника с отношением витков 33:1, или какой-либо другой трансформатор, позволяющий получить питающее напряжение 9 В. Катушка индуктивности RFC1 — 2,5 мГн, а RFC2 — миниатюрный дроссель с кольцевым сердечником на 150 мГн.

3.34. Тестер для проверки транзисторов и диодов

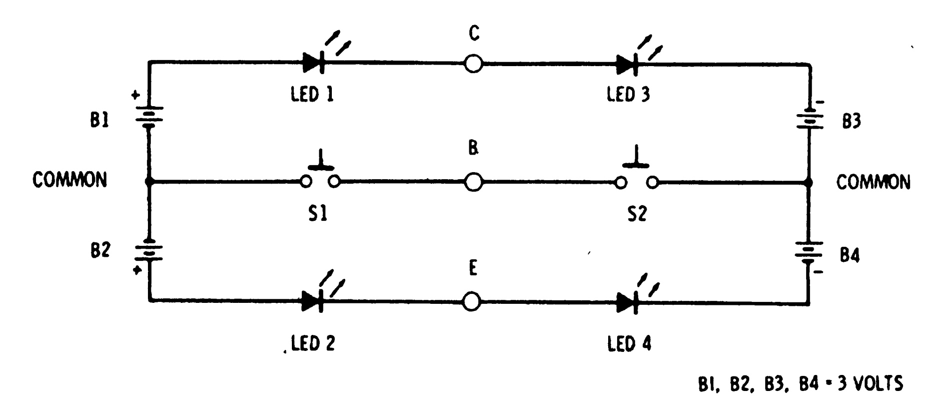


Рис. 3.34

Четыре пары элементов питания типа АА подают питание для схемы быстрой проверки транзисторов и диодов на короткие замыкания и обрывы. Схема (рис. 3.34) позволяет различить *p-n-p-* и *n-p-n*-транзисторы и показывает полярность диодов. Выводы диода помещают в панельку для базы и коллектора (B и C) транзистора и нажимают по очереди на кнопки S1 и S2. Если светодиод LED1 светится, то диод в порядке и анод находится в гнезде коллектора. Если светится светодиод LED3, когда нажимают на кнопку, анод диода в гнезде базы. Если оба диода светятся, диод "пробит" — имеется короткое замыкание. Если ни один из светодиодов не светится, то диод в обрыве. С транзистором в тестере речь идет о транзисторе типа *p-n-p*, если светодиоды LED1 и LED2 светятся. Если светятся светодиоды LED3 и LED4, то речь идет о транзисторе типа *n-p-n*. Если один или ни один из светодиодов не светятся, то у транзистора имеется обрыв. Если 3 или несколько светодиодов светятся, то один из переходов замкнут накоротко. В схеме могут использоваться любые светодиоды.

3.35. Схема для снятия переходной характеристики регулируемого источника питания

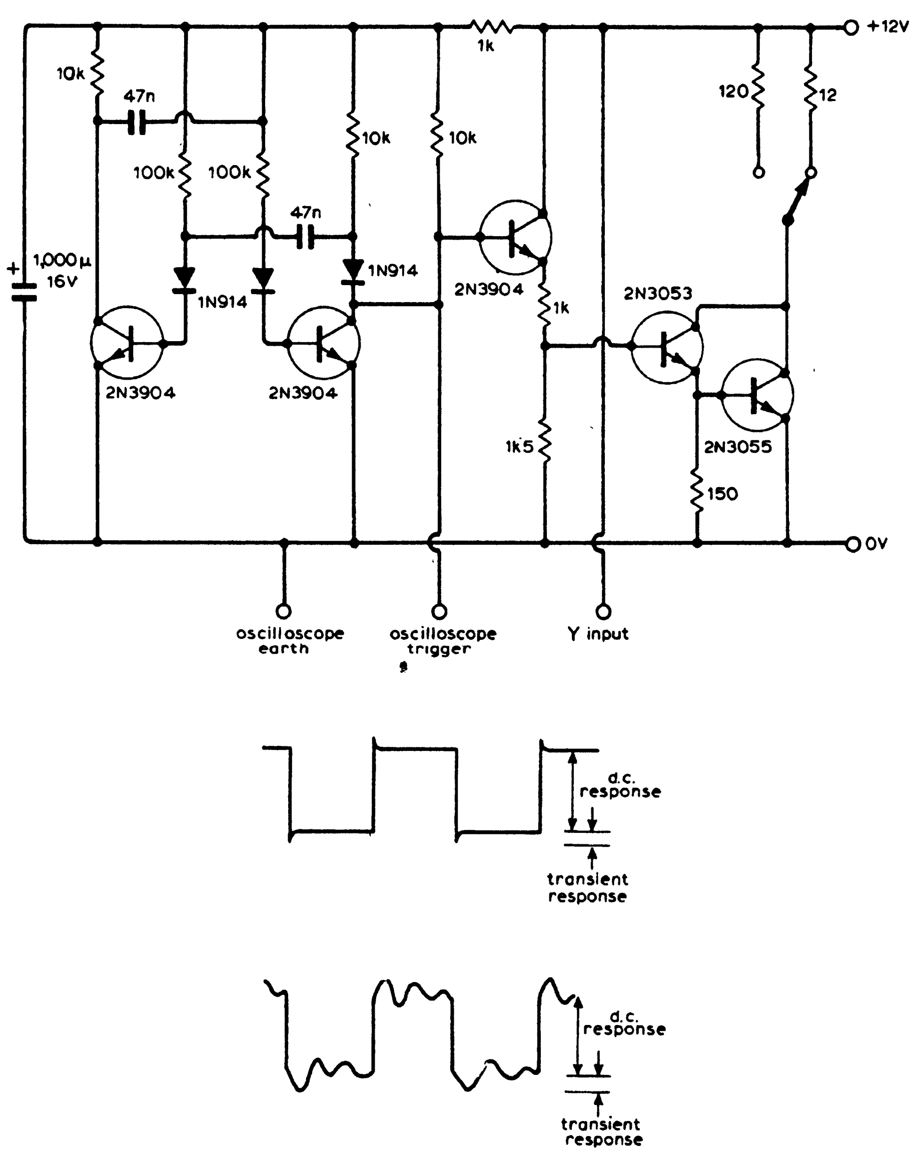


Рис. 3.35

Схема (рис. 3.35) разработана для снятия переходной характеристики регулируемого источника питания на 12 В при нагрузках 100 мА или 1 А, в зависимости от положения переключателя. Нагрузочные сопротивления могут меняться для других напряжений и токов. Переходные характеристики должны рассматриваться на подключенном к схеме осциллографе. Хорошая переходная характеристика соответствует только характеристике с маленьким выбросом при управляющем фронте, как это показано на рисунке для верхней диаграммы сигнала. Каждый процесс в источнике питания, связанный с нестабильностью, изменяет форму сигнала, как показано на нижней диаграмме. Схема состоит из мультивибратора с диодами в цепи базы, чтобы защищать транзисторы от повышенных пиков напряжения в цикле включения. Правый выход используется для запуска осциллографа и для включения следующих трех транзисторов, которые представляют нагрузку для испытываемого источника питания.

3.36. Тестер полевых транзисторов

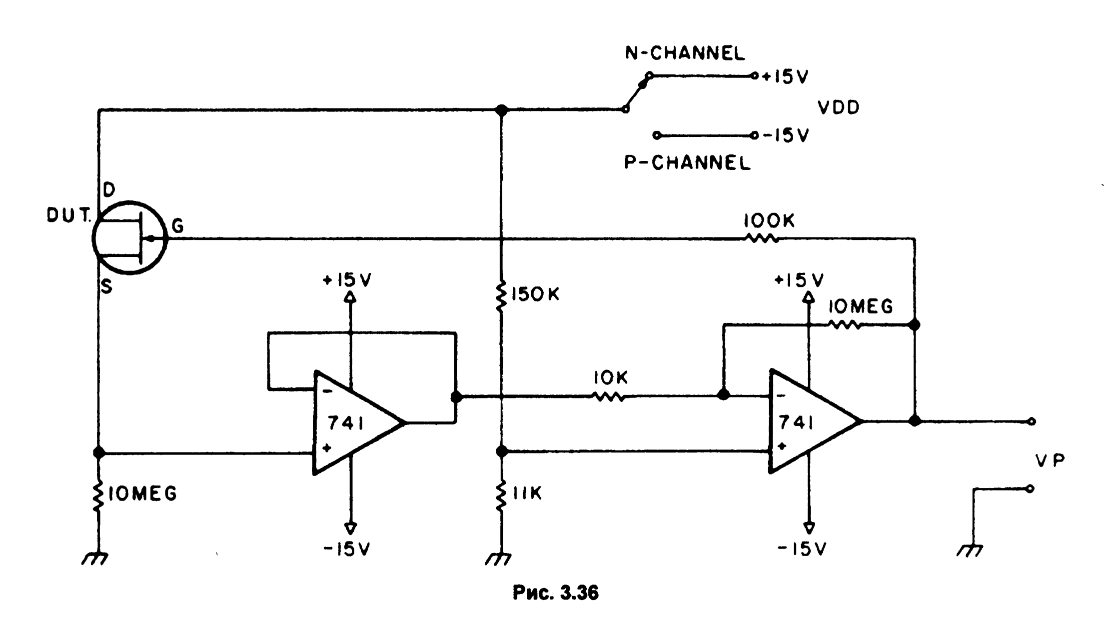


Рис. 3.36

Схема тестера (рис. 3.36) может использоваться для измерения напряжения отсечки, подбора полевого транзистора и измерения диапазона напряжения смещения. Операционные усилители регистрируют ток истока испытываемого полевого транзистора. Первый операционный усилитель 741 является буферным усилителем. Второй — имеет опорное напряжение равное 1 В, и его выход используется для управления тестируемого транзистора, напряжение изменяется до тех пор, пока ток истока не составит 100 мкА. Полярность V_P противоположна к полярности напряжения стока испытываемого транзистора V_{DD}.

3.37. Характериограф для транзисторов и диодов

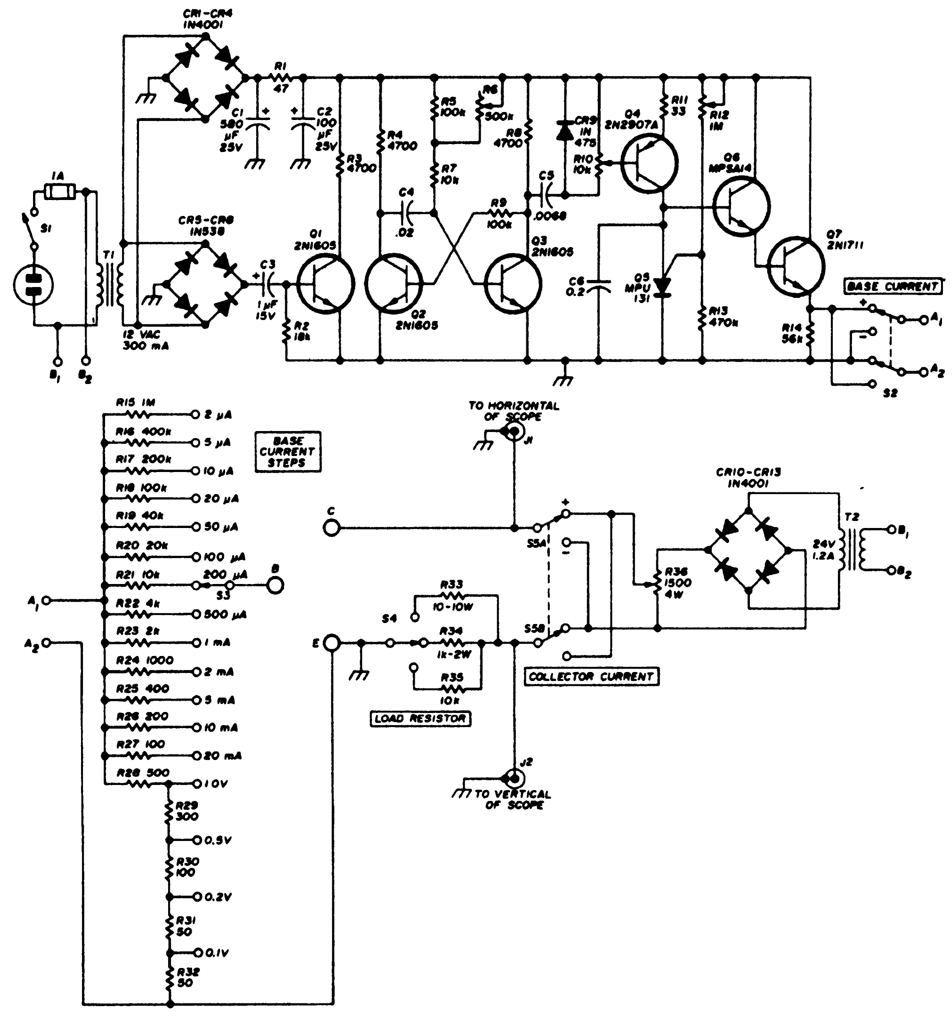


Рис. 3.37

Характериограф (рис. 3.37) позволяет наблюдать на осциллографе группу из 6 характеристик коллектора для транзисторов и характеристики напряжения и тока диодов. Схема пошагово изменяет напряжение на базе, в то время как напряжение коллектора при каждом шаге изменяется от 0 до максимума. Напряжение коллектор-эмиттер, выпрямленное с помощью выпрямительного моста CR10—CR13 синусоидального напряжения с частотой 120 Гц, может изменяться потенциометром R36. Переключателем S5 устанавливается необходимая полярность напряжения. Величина ступенчатого напряжения с частотой 120 Гц определяется транзистором Q1. Потенциометром R10 регулируется величина напряжения между ступенями. Ступенчатое напряжение от транзисторов Q6 и Q7 будет подано к сопротивлениям R15—R32 с целью тестирования транзистора, значение и полярность которого может выбираться с помощью переключателей S2 и S3. Тестируемое изделие присоединяется к точкам B (база), C (коллектор) и E (эмиттер). Точки A_1 и A_2, показанные на верхней и нижней схемах рисунка, нужно соединить друг с другом. Резисторы R15—R35 должны иметь точность не хуже 5 %.

3.38. Прибор для измерения сопротивления

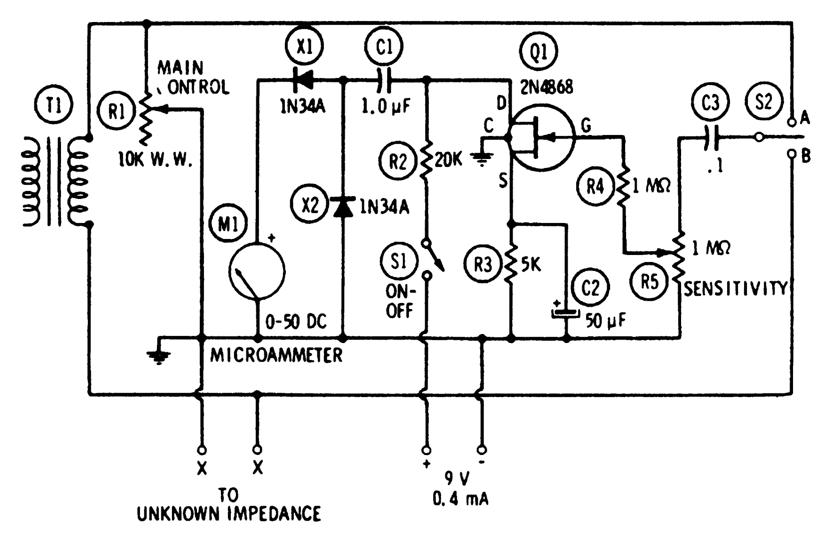


Рис. 3.38

Внешнее НЧ-напряжение подключается к входу трансформатора T1 (рис. 3.38) и через потенциометр R1 поступает к неизвестному сопротивлению. Падение напряжения через полное сопротивление (импеданс) и потенциометр R1 проверяются отдельно при помощи электронного вольтметра, в то время как изменяется сопротивление потенциометра R1. Если падения напряжения равняются, то неизвестное полное сопротивление соответствует установленному значению сопротивления потенциометра R1 и отсчет может считываться непосредственно по его калибруемой шкале. В вольтметре используется полевой транзистор Q1, два выпрямительных диода X1—X2 и микроамперметр M1. С помощью переключателя S2 в позиции "A" вольтметр показывает падение напряжения на резисторе R1, в позиции "B" он показывает падение напряжения на неизвестном сопротивлении. Сопротивление потенциометра R5 должно устанавливаться таким образом, чтобы амплитуда была близка к полному значению шкалы микроамперметра для повышения точности сравнения. Обыкновенными тестовыми частотами являются 400, 500 и 1000 Гц.

3.39. Тестер диодов

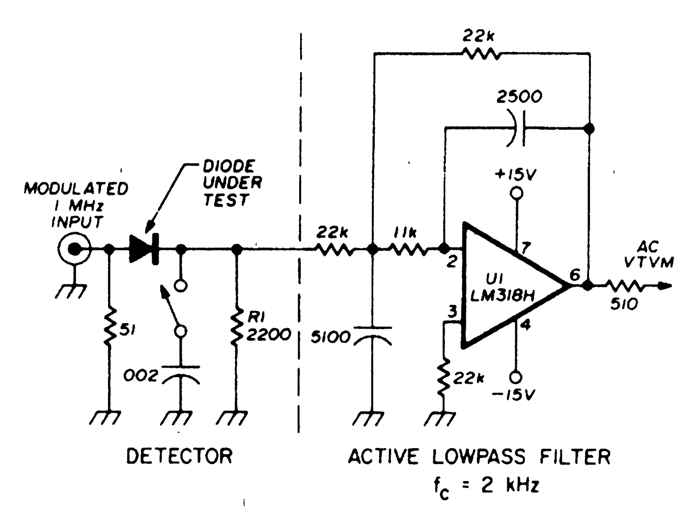


Рис. 3.39

Схема (рис. 3.39) разработана таким образом, чтобы показывать, как шунтирование конденсатора на 0,002 мкФ повышает эффективность диодного детектора. Может использоваться также для сравнения работоспособности различных диодов. Вход подключен к генератору сигналов с несущей частотой 1 МГц и апмплитудно-модулированным сигналом (AM) с частотой 2 кГц. На микросхеме LM318H, а также подключенных к ней конденсаторах и резисторах собран фильтр нижних частот с частотой среза 2 кГц. Сопротивление резистора R1 — это нагрузка для детектора.

3.40. Карманный тестер для транзисторов

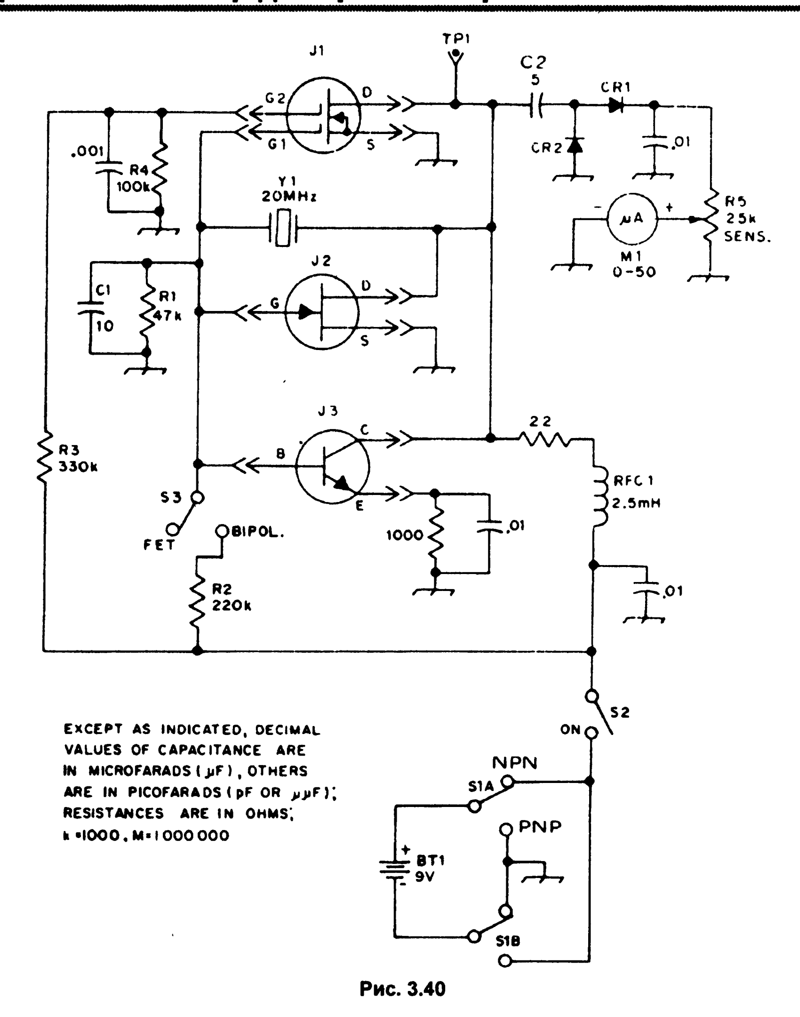


Рис. 3.40

Тестер (рис. 3.40) "GO/NO GO" (Годен/Негоден) показывает относительное состояние транзисторов типов *n-p-n* и *p-n-p*, однопереходных и полевых транзисторов с МОП-структурой (MOSFET) с 2 затворами. Схема не пригодна для испытаний НЧ-транзисторов или мощных ВЧ-транзисторов. Кварцевый резонатор (кварц) в схеме подключен постоянно. Подходит любой кварц высокой частоты для работы в режиме основной гармоники. За выпрямленными колебаниями генератора высокой частоты можно наблюдать на приборе М1. С помощью переключателя S1 могут выбираться полярность питающей батареи в зависимости от тестирования *n*-канального полевого или биполярного *n-p-n*-транзисторов, либо *p*-канального полевого или *p-n-p*-транзисторов. Когда проверяемое изделие имеет обрывы, короткие замыкания или увеличенные токи утечки, схема не генерирует колебаний и стрелка прибора М1 не отклоняется. Чем выше амплитуда, тем больше усиление транзистора на рабочей частоте. Если испытываются полевые МОП-транзисторы, затвор которых не обладает защитой от статического электричества, выводы транзистора должны оставаться так долго замкнутыми накоротко, пока тестируемый транзистор не помещен в панельку, а перед вынимањием его из панельки выводы опять должны быть замкнуты. Диоды используются типа 1N34A или эквивалентные.

3.41. Прибор для проверки прохождения НЧ-сигнала

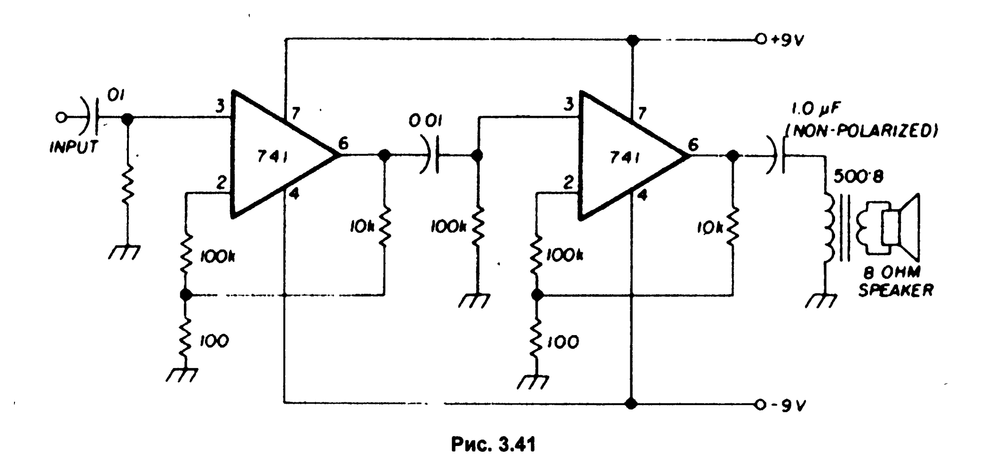


Рис. 3.41

Прибор (рис. 3.41) представляет собой усилитель низкой частоты с большим коэффициентом усиления, который служит для отладки НЧ-каскадов. С нормальным входным сигналом в испытываемом усилителе проверяется наличие прохождения низкочастотного сигнала в каждом каскаде. Если сигнал, подаваемый на вход каскада, отсутствует на выходе, то этот каскад неисправен. На вход также может подаваться сигнал от генератора контрольного сигнала, который имеет широкополосный выход от низкой частоты до очень высокой частоты.

3.42. Тестер для проверки работоспособности диодов

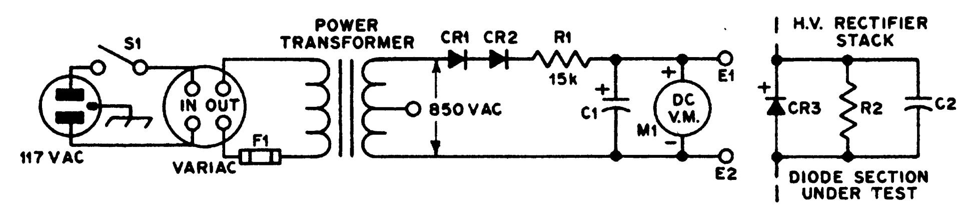


Рис. 3.42

Схема (рис. 3.42) позволяет проверить напряжения пробоя отдельных частей каскада выпрямителя при напряжении 1000 В постоянного тока. Тестовые провода E1 и E2 присоединяются к испытываемому диоду и напряжение автотрансформатора повышается от 0 до 1000 В на заряжаемом конденсаторе C1, в соответствии с показаниями вольтметра M1. Если диод или конденсатор тестируемого выпрямителя неисправен, то вольтметр показывает низкое значение напряжения, т. к. резистор R1 вызывает падение напряжения. Первоначальная настройка тестера проводится с заведомо исправным диодом. Перед заменой диода переключатель S1 должен быть отключен, поскольку схема имеет опасное для жизни высокое напряжение.

3.43. Тестер "Годен/Негоден" микросхем ТТЛ

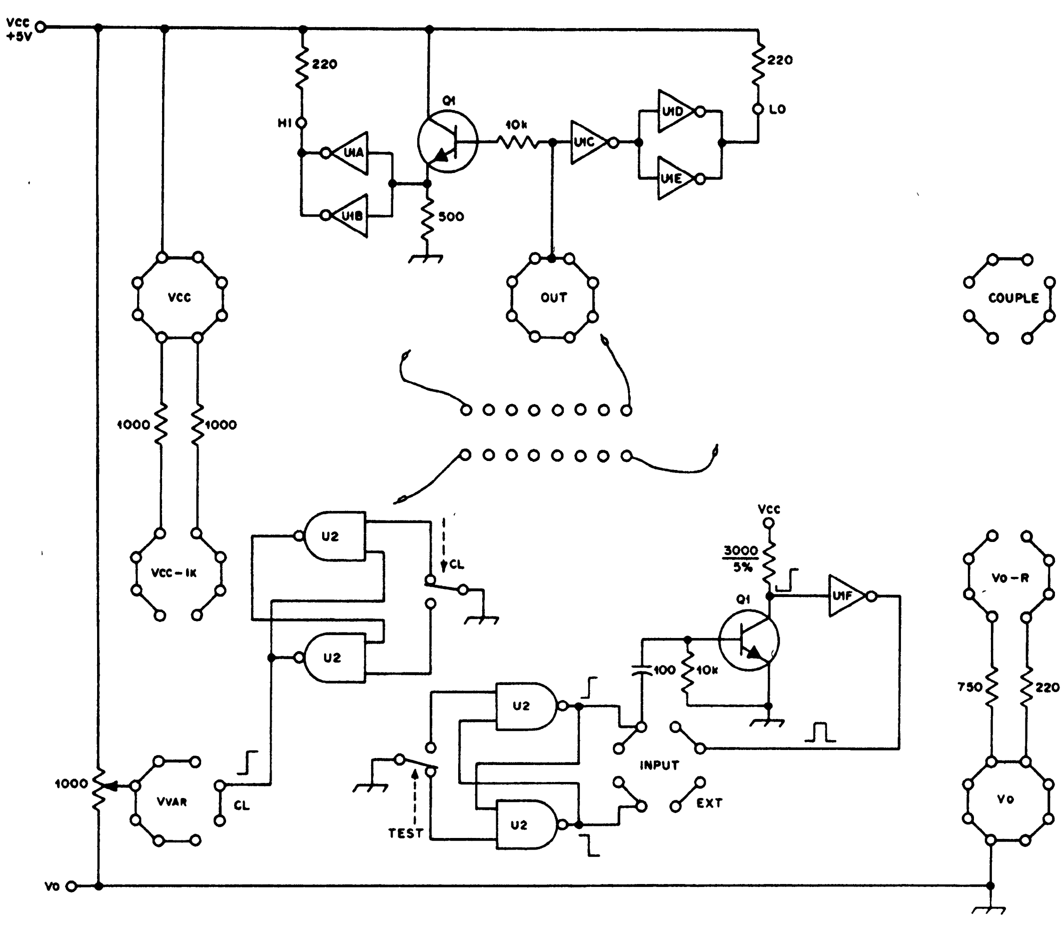


Рис. 3.43

Тестер (рис. 3.43) осуществляет быстрый статический тест ТТЛ-микросхем серии 7400. Каждый контакт 16-контактной панельки с двухрядным расположением выводов имеет провод, который может вставляться в матрицу 7 других панелек, к которым подключаются различные напряжения питания, нагрузки и т. д. Переключатели тестера позволяют подавать различные электрические импульсы на входы микросхем. Выводы тестируемых микросхем можно соединять между собой для создания триггера и других простых логических схем. Управление входным напряжением, подаваемым на выводы микросхем, позволяет выполнить тестирование для описания передаточных функций микросхем и исследование схемы при различных условиях уровня сигнала. К тестеру может присоединяться, если необходимо, внешний измерительный прибор. Для отображения высокого (HI) и низкого (LO) логических уровней применены светодиоды, которые показывают уровень вывода, подключенного к контактам OUT. В схеме используются *n-p-n*-транзисторы, например, 2N2926. U1 — микросхема SN7404 (6 одновходовых инвертеров) и U2 — микросхема 7400 (4 логических элемента 2И-НЕ). Тестер непригоден для КМОП-микросхем, которые нуждаются в защите от статических зарядов.

3.44. Тестер источников питания

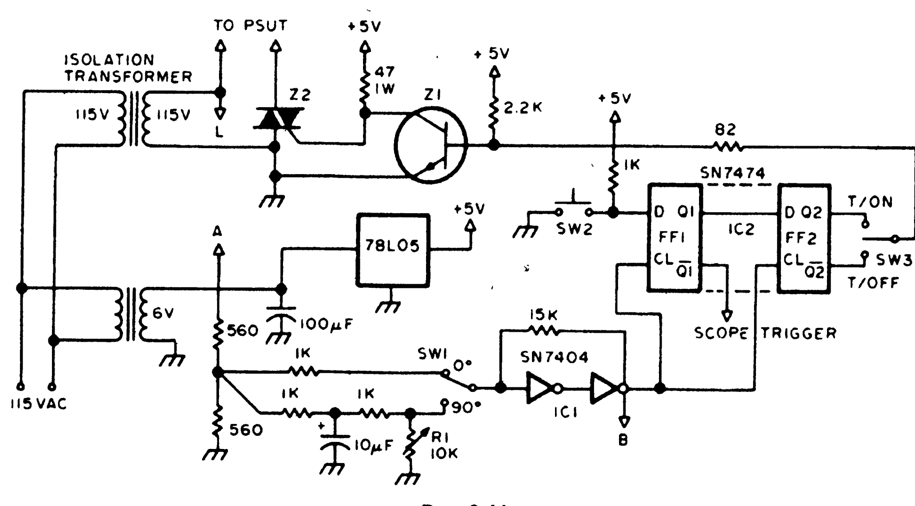


Рис. 3.44

Схема тестера (рис. 3.44) разработана с целью проверки неизвестных источников питания, прежде чем они будут устанавливаться для использования в системный блок домашнего компьютера, чтобы гарантировать нормальную работу компьютера. Схема включает или выключает питание либо в момент пиков, либо при нулевом напряжении сети. Пики на экране осциллографа указывают на дефект источника питания.

3.45. Динамическая нагрузка для испытаний блоков питания

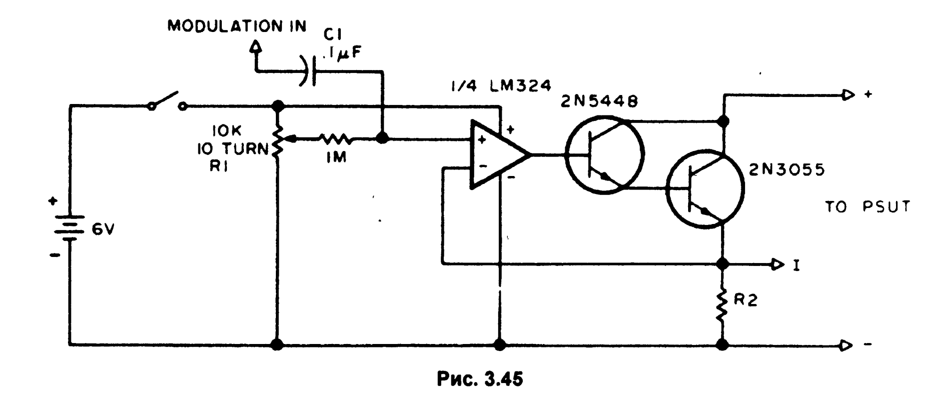


Рис. 3.45

Потенциометр R1 схемы (рис. 3.45) определяет величину тока нагрузки, который снимается от испытываемого источника питания, после того как резистор R2 был выбран так, что на нем падает 1 В при максимальном токе в нагрузке. Модулирующий сигнал от внешнего генератора импульсов поступает на вход через конденсатор C1 и способствует тому, что ток в нагрузке изменяется (растет и падает) в небольшом диапазоне.

3.46. Тестер однокорпусного счетверенного операционного усилителя

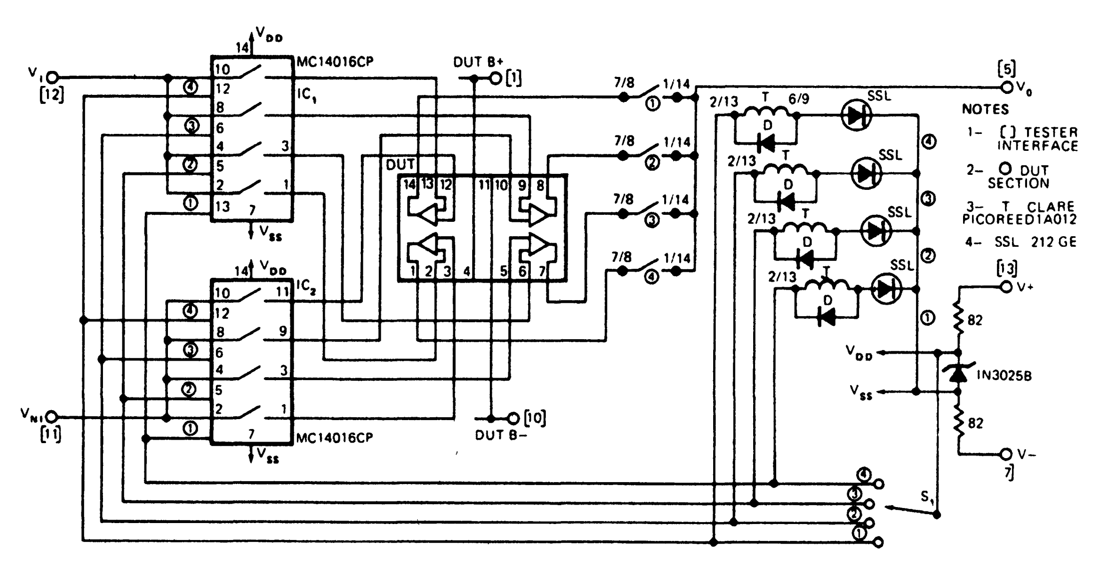


Рис. 3.46

Показанная схема подключения тестера (рис. 3.46) позволяет применять его для тестирования однокорпусных счетверенных операционных усилителей. Схема соединения работает с имеющимся источником питания тестера, который может быть 5102 производства компаний Teledyne/Philbrick или более ходовой от Tektronix или ESI. Аналоговые коммутаторы на КМОП-транзисторах IC_1 и IC_2 питают элементы испытываемых операционных усилителей входными сигналами. Управляющие сигналы коммутируются переключателем выбора сегмента S_1, который при желании может быть заменен на схему автоматического двоично-десятичного управления. Тот же переключатель также активизирует герконовые реле, которые подключают соответствующую часть усилителя к нагрузке и к схеме контроля выхода тестера. Светодиоды показывают, какая часть микросхемы испытывается в данный момент. Схема может использоваться с однокорпусными счетверенными операционными усилителями серий LM124, CA124 и MC3503.

3.47. Тестер операционного усилителя

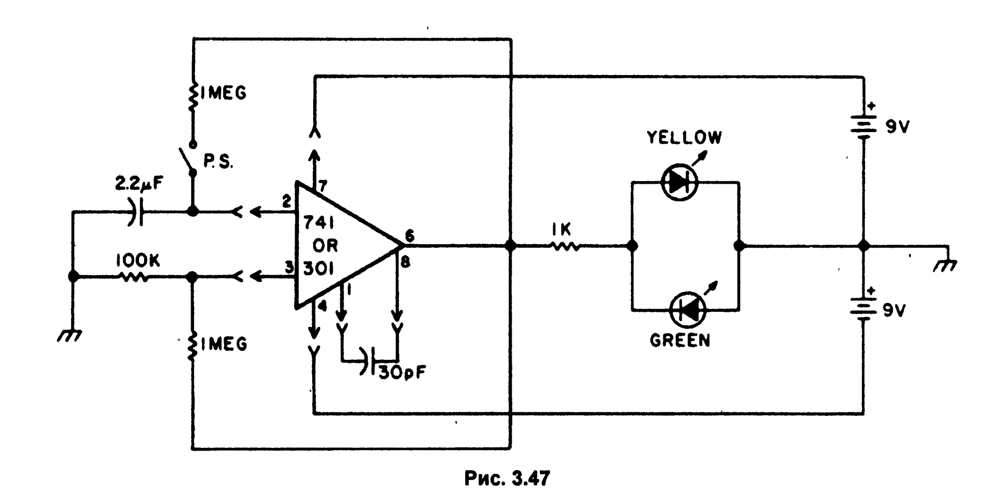
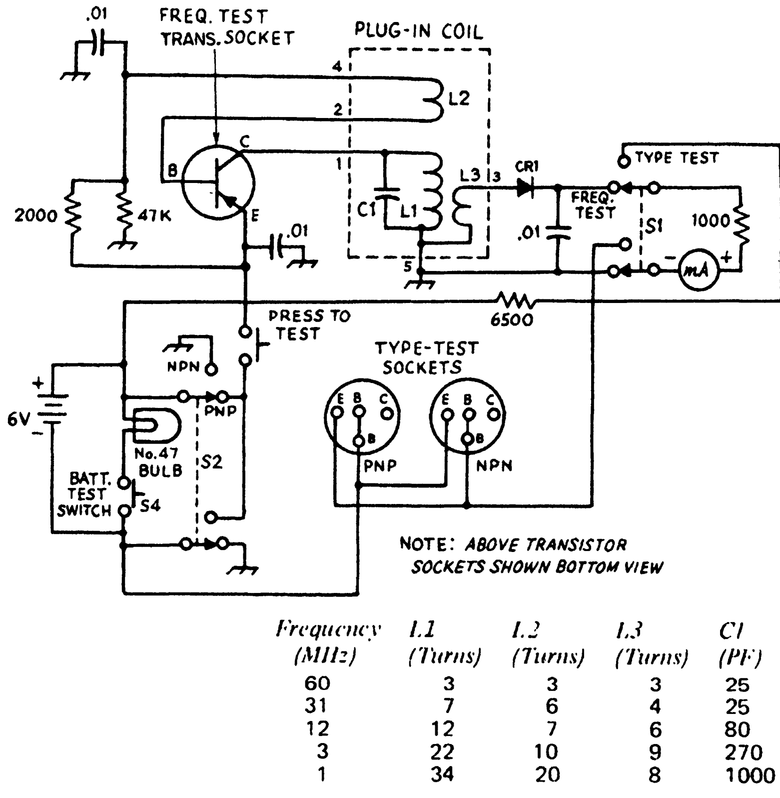


Рис. 3.47

Схема (рис. 3.47) создана для быстрого тестирования операционных усилителей типа 741 и типа 301. Если операционный усилитель хороший, то светодиоды мигают попеременно (с периодом в 1 сек). Отсутствие мигания и свечения показывает, что неисправен вывод выходного сигнала операционного усилителя, а если один из светодиодов светится длительно, то неисправен один из его входов. Асимметричное мигание указывает на погрешность тока утечки испытываемого операционного усилителя.

3.48. Тестер для транзистора



Frequency (MHz)	*L1 (Turns)*	*L2 (Turns)*	*L3 (Turns)*	*C1 (PF)*
60	3	3	3	25
31	7	6	4	25
12	12	7	6	80
3	22	10	9	270
1	34	20	8	1000

Note: Above coils close-wound, 3/4-inch (19 mm) diameter.

Рис. 3.48

Тестер (рис. 3.48) позволяет определять максимальную частоту, при которой неизвестный транзистор еще проявляет значительное усиление тока и позволяет определить тип транзистора *p-n-p* или *n-p-n*. Схема основана на том, что переход эмиттер-база транзистора эквивалентен диоду, проводящему в том же направлении. Направление зависит от вида транзистора. Положением переключателя S2 задается амплитуда измерительного прибора и идентифицируется тип транзистора. Схема для определения частоты среза состоит из автогенератора, частота которого зависит от подключенной катушки индуктивности. Если измерительный прибор индицирует напряжение при использовании колебательного контура на 60 МГц, то транзистор пригоден для работы на частоте 60 МГц. Если амплитуда отсутствует, то колебательные контуры должны подключаться по очереди, от высоких к более низким частотам до тех пор, пока прибором не будет индицироваться определенная амплитуда. Для контроля работоспособности батарей питания следует нажать кнопку S4. При хороших батареях индикаторная лампа (Bulb) должна светиться с полной яркостью. В схеме в качестве элемента CR1 используется диод 1N34A.

3.49. Определитель температурного коэффициента деталей и схем

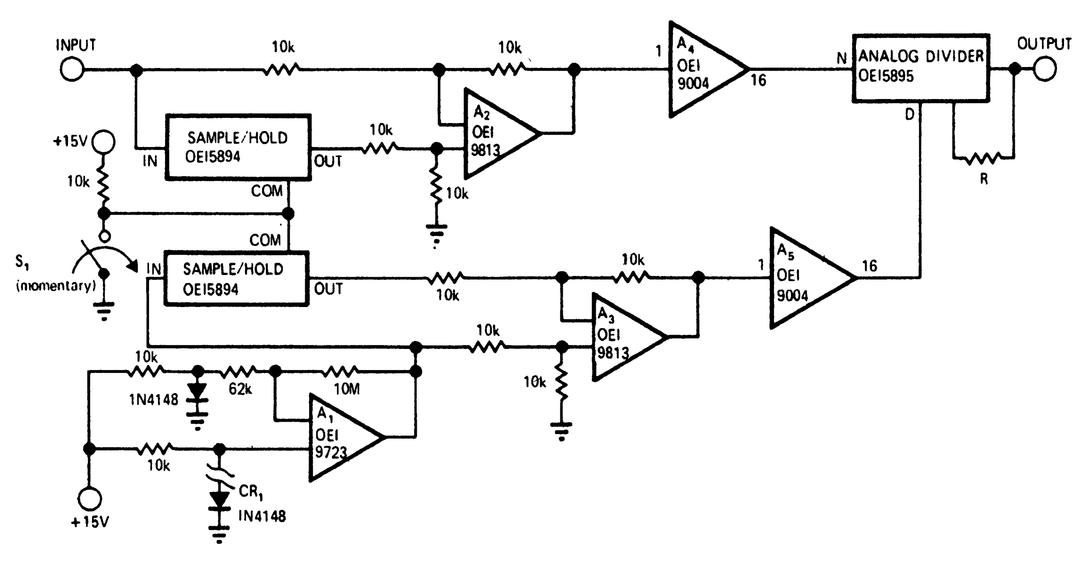


Рис. 3.49

Схема определителя (рис. 3.49) позволяет измерить и автоматически рассчитать температурные коэффициенты аналоговых схем и деталей. Кремниевый диод CR_1 применяется как температурный щуп с чувствительностью 2 мВ/°С. С помощью резистора R устанавливается коэффициент масштабирования сигнала на выходе. ИС операционного усилителя A_1 на полевых транзисторах превращает падение напряжения температурного щупа в прямом направлении в напряжение аналогового сигнала с высоким уровнем, которое варьируется от 325 мВ/°С от –10 В при 55 °С до 10 В при –5 °С. Выход микросхемы A_1 подключен к схеме выборки и хранения (Sample/Hold), в то время как напряжение аналогового сигнала тестируемого изделия подключено ко второй схеме выборки и хранения. Кратковременное включение переключателя S_1 способствует тому, что данные напряжения и температуры сохраняются в схемах выборки и хранения и передаются на микросхемы A_2 и A_3. Выходные сигналы этих операционных усилителей могут быть положительными или отрицательными, однако с помощью операционных усилителей A_4 и A_5, усиливающими абсолютную величину с усилением 1, становятся положительными. Из этих величин аналоговый делитель (Analog Divider) рассчитывает температурный коэффициент.

3.50. Характериограф для тестирования компонентов схем

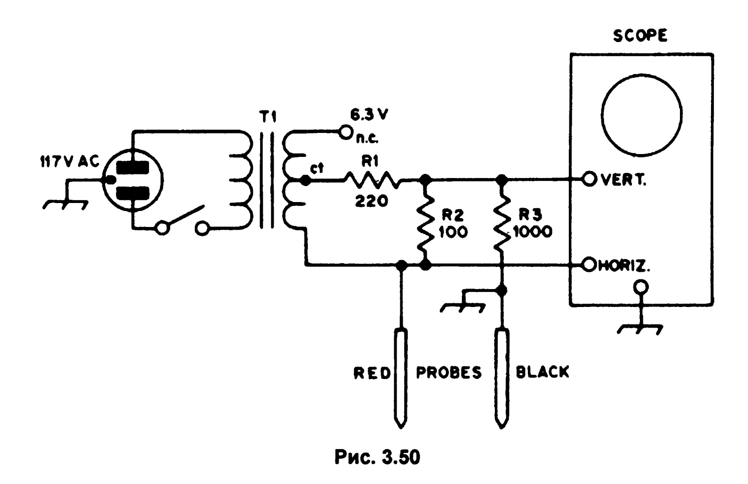


Рис. 3.50

Применяя представленную схему характериографа (рис. 3.50), нет необходимости вынимать компоненты из схемы, один за другим, с целью их тестирования. Напряжения и токи, которые используются при тестировании, достаточно малы почти для всех собранных на полупроводниках схем. Компоненты могут испытываться на короткие замыкания и обрывы. Устройство с помощью подключаемого осциллографа позволяет наглядно тестировать переходы транзисторов и диодов в прямом и обратном направлении. Фигуры Лиссажу и другие комбинируемые отображения в осциллографе позволяют проводить анализ схем с реактивными компонентами, транзисторами и микросхемами. Определяются холодные пайки, прохождение сигналов по переключателям, лампам и токопроводящим дорожкам. Индикация представляет собой прямые линии (аналогично часовым стрелкам), иногда ломаные и овалы. Вертикальные линии означают короткое замыкание, горизонтальные — обрыв, косые — некоторые сопротивления, вертикальный овал — индуктивность, а горизонтальный — емкость. Индикация из ломаных линий для наилучших диодов и транзисторов соответствует "3 часам" на часах, для пригодных транзисторов — 4, а плохих транзисторов — 5. При наличии заведомо работоспособной схемы можно выполнять сравнение характеристик в точках схемы с характеристиками в аналогичных точках тестируемой схемы.

3.51. Прибор для проверки прохождения НЧ-сигнала

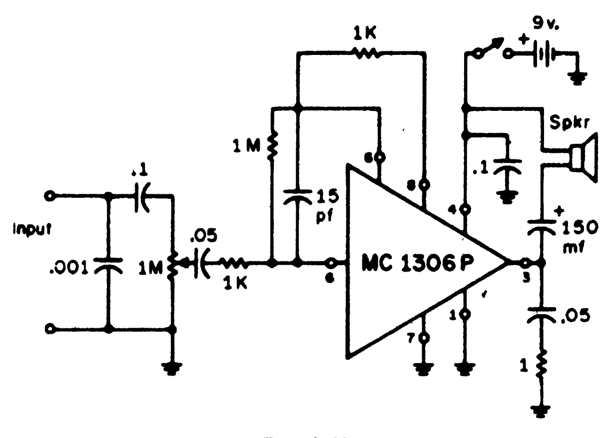


Рис. 3.51

Двухтактный усилитель мощности на микросхеме MC1306P компании Motorola (рис. 3.51) позволяет получить на динамике сигнал мощностью 0,5 ватт при входном сигнале амплитудой 3 мВ. Устройство может использоваться для настройки предусилителя, а также для поиска неисправности во всех возможных аудиоустройствах. Без сигнала усилитель потребляет только 4 мА от батареи 9 В. Для проверки прохождения высокочастотных сигналов AM (амплитудно-модулированных) или SSB (однополосных) этим прибором должен использоваться пробник с демодулятором.

3.52. Тестер шумов прибора, обусловленных флуктуациями напряжения смещения

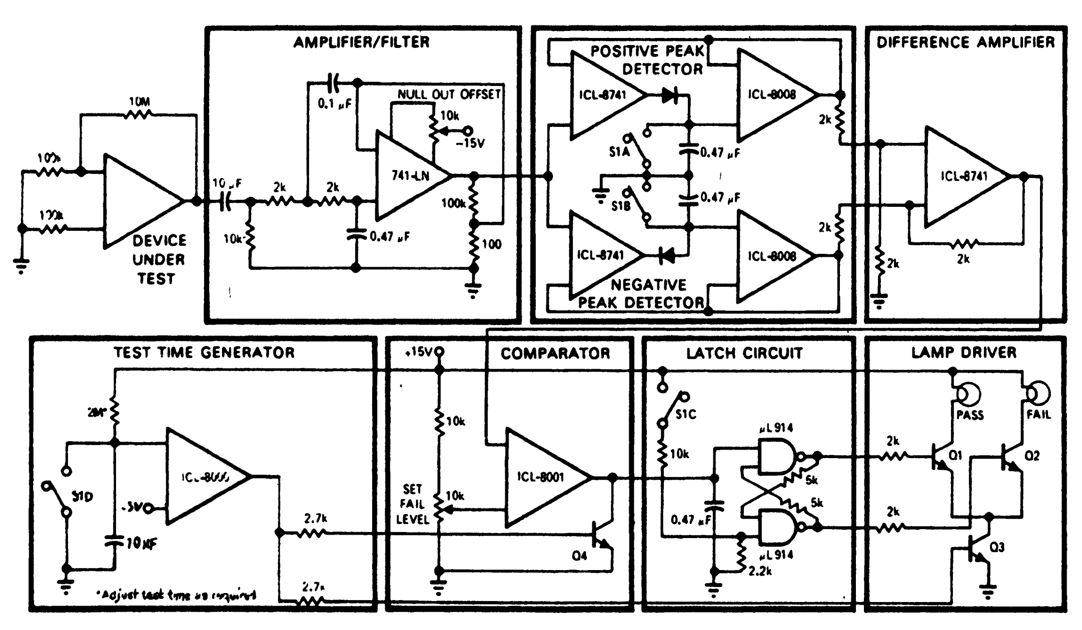


Рис. 3.52

Тестер (рис. 3.52) разработан фирмой Intersil, чтобы испытывать операционный усилитель на дефектные низкочастотные переходы между 2 или несколькими стабильными состояниями. После замыкания переключателя запуска индикация ламп "PASS" и "FAIL" ("тест пройден" — "не пройден") отключается транзистором Q3. В конце предварительно выбранного тестового времени (обычно 5 сек) одна из ламп включается. Если выход дифференциального усилителя превосходит заявленный уровень погрешности на инверсном входе компаратора в течение тестового периода, включается лампа "FAIL". Транзистор Q4 препятствует перезапуску защелки после этого сигнала помехи.

3.53. Тестер для транзистора

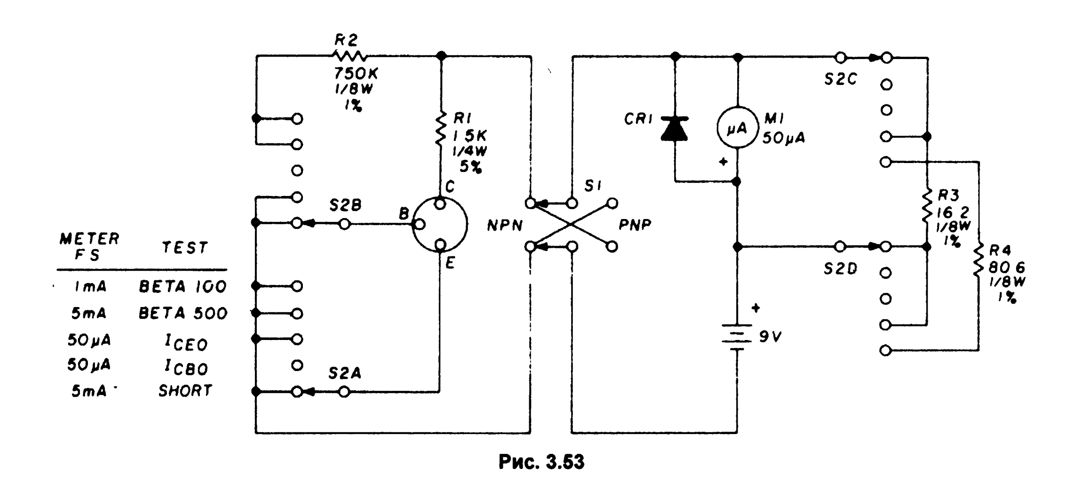


Рис. 3.53

Тестер (рис. 3.53) пригоден для отладки и испытания маломощных транзисторов. Установите 5-позиционный переключатель на 4 направления S2 в положение "SHORT" (нижнее положение) перед тестированием транзистора. Переключателем S1 выбирается тип проводимости транзистора — *n-p-n* или *p-n-p*. Если измерительный прибор что-нибудь показывает, то транзистор неисправен и дальнейшее тестирование бесполезно. Если измерительный прибор устанавливается на "0", то переключатель S2 ставится на позицию "I_{CBO}" (ток коллектор-база, при свободном неподключенном эмиттере). Транзистор непригоден, если в наличии имеется большой размах сигнала в любой позиции переключателя S1; у работоспособных современных транзисторов этот ток измеряется в наноамперах, у более ранних ток имеет большие значения, особенно если речь идет о германиевых транзисторах. Повторите тест для позиции "I_{CEO}" (ток коллектор-эмиттер, при свободной неподключенной базе), который должен был быть для коэффициента усиления тока (Beta (бета)) больше, чем I_{CBO}. Современные транзисторы, возможно, ничего здесь не покажут. Для последнего Beta-теста более старые типы показывают 100 или меньше и современные транзисторы, такие как 2N3391, имеют Beta-значения между 300 и 400. В схеме в качестве элемента CR1 используется диод 1N4603.

3.54. Амперметр для печатных токопроводящих дорожек

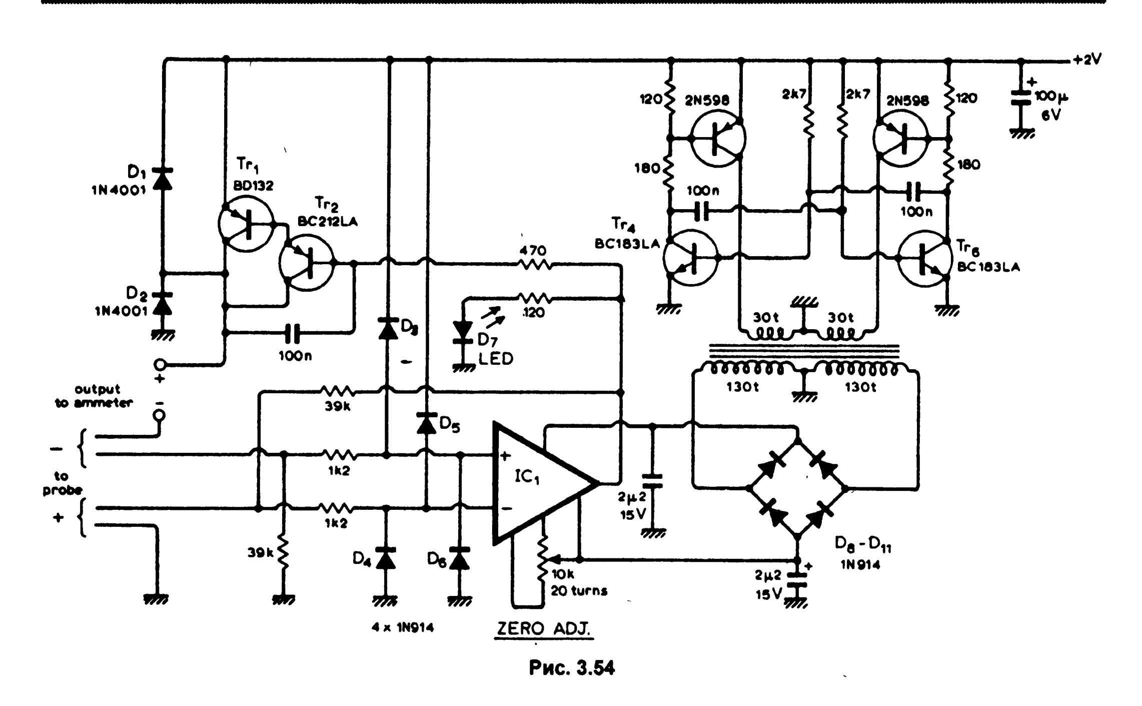
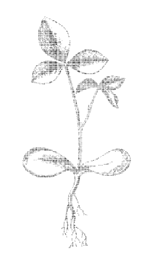


Рис. 3.54

Измерение тока дает возможность тестирования отдельных проводников печатной платы без их разделения. У пробника амперметра (рис. 3.54) имеется 4 выступающих провода, которыми касаются измеряемой токопроводящей дорожки. В схеме можно использовать операционный усилитель типа 741, но более дорогой 725C дает лучшие результаты. Если у всех 4 проводов пробника есть контакт, падение напряжения появляется на входе дифференциального усилителя. Входное напряжение операционного усилителя стремится к 0, если выходной ток похож на неизвестный ток, который течет через токопроводящую дорожку.



4. Схемы таймеров

Глава содержит схемы, которые определяют период времени между двумя событиями, при которых запускаются желаемые переключательные функции после предварительно установленной регулируемой задержки или по прошествии заявленных промежутков времени.

4.1. Временной компаратор

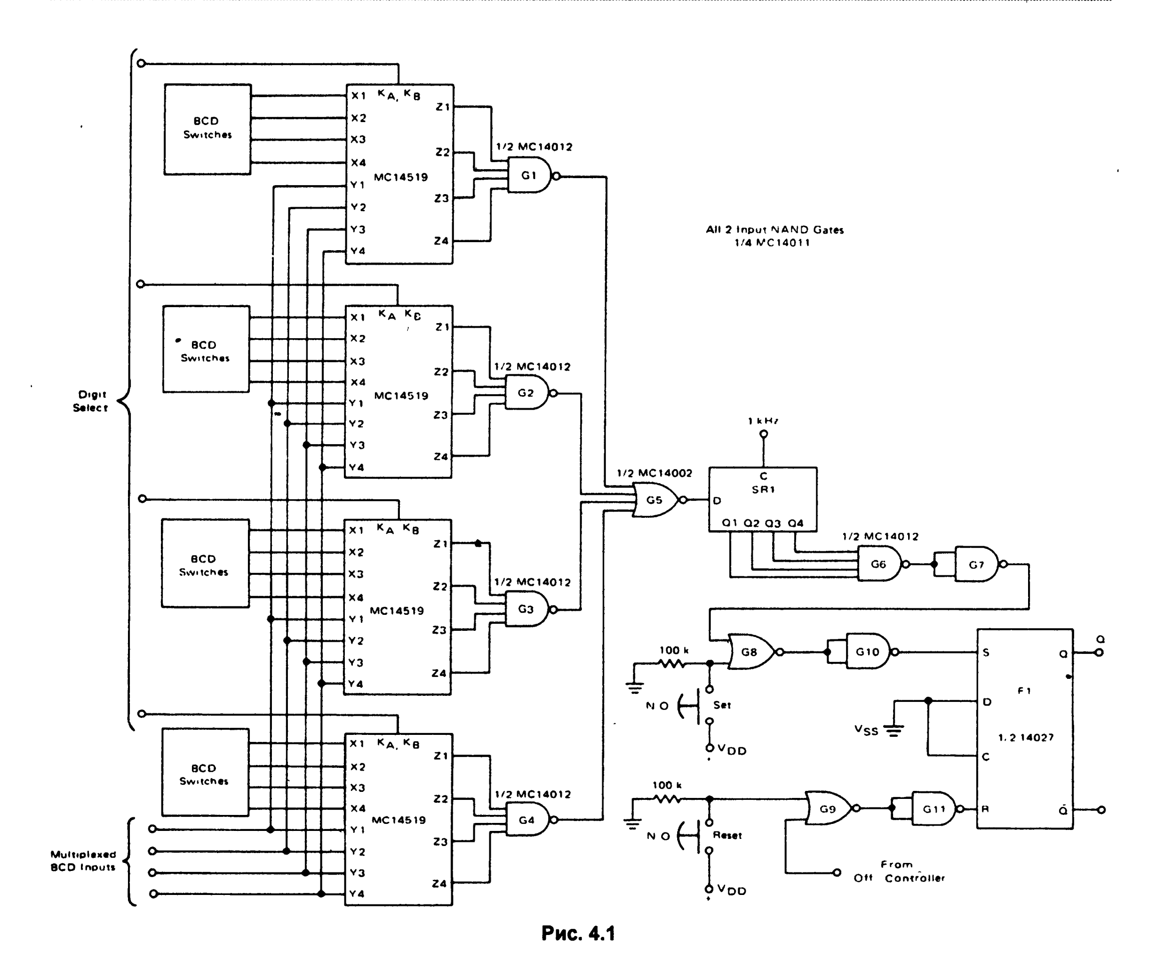


Рис. 4.1

Цифровая схема (рис. 4.1) сравнивает время, предварительно заданное с помощью двоично-десятичных переключателей (BCD Switches), установленных на входе схемы, со временем 24-часовых промышленных первичных часов. Код времени и код с переключателей поступает на счетверенные мультиплексоры 2 в 1, выполненные на микросхемах MC14519 компании Motorola. При совпадении предварительно установленных значений времени компаратор включает управляемое устройство в это время. Второй набор компараторов может использоваться для того, чтобы выключать устройство, если достигнуто предварительно выбранное время. Выход Q RS-триггера F1 на микросхеме 14027 может использоваться для того, чтобы переключать мощную нагрузку посредством управляющей схемы, открывающей симистор через оптрон, который необходим для развязки от сети. Напряжение питания представленной схемы составляет +5 В.

4.2. Полупроводниковый выключатель с задержкой

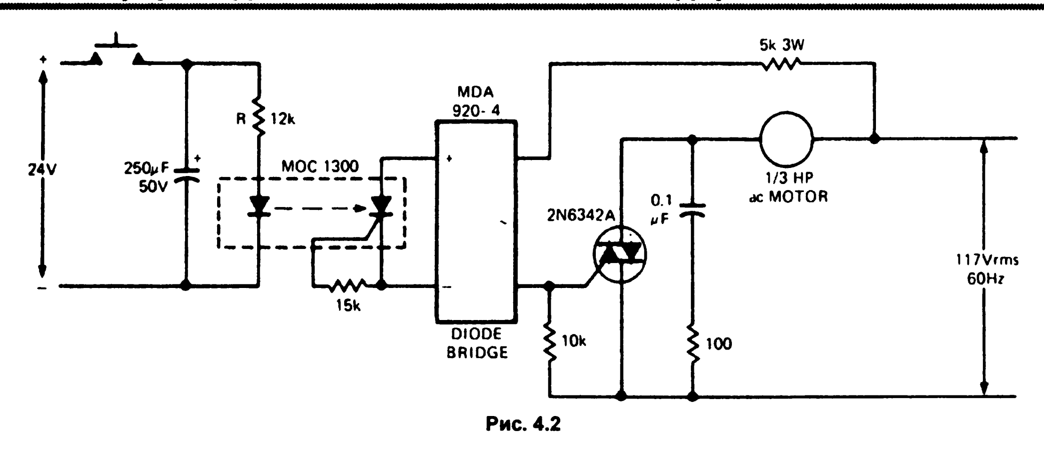


Рис. 4.2

Выключатель (рис. 4.2) разработан для устройств, в которых двигатели в течение определенного отрезка времени должны оставаться включенными после окончания какого-либо действия, например, если двигатель насоса должен работать достаточно долго, чтобы опустошить систему труб на химической фабрике. Когда выключатель замкнут, открывается фотосимистор и пропускает ток через диодный мост MDA920-4 для управления симистором. С указанными на схеме значениями после размыкания кнопочного выключателя это полупроводниковое реле остается включенным еще в течение 5 сек. Чтобы получить другие задержки, сопротивление резистора R и емкость полярного конденсатора на входе схемы необходимо изменить.

4.3. Таймер с повторяющимся циклом

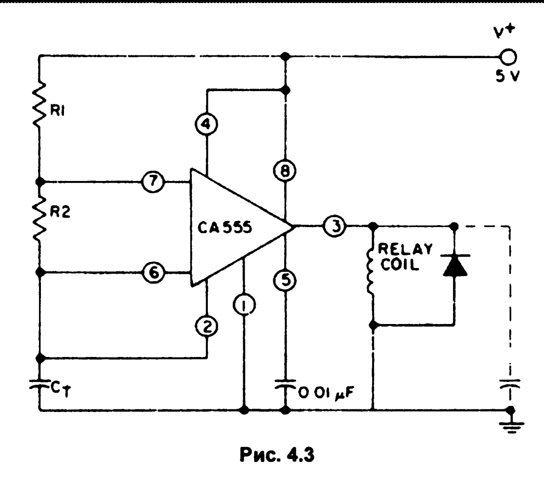
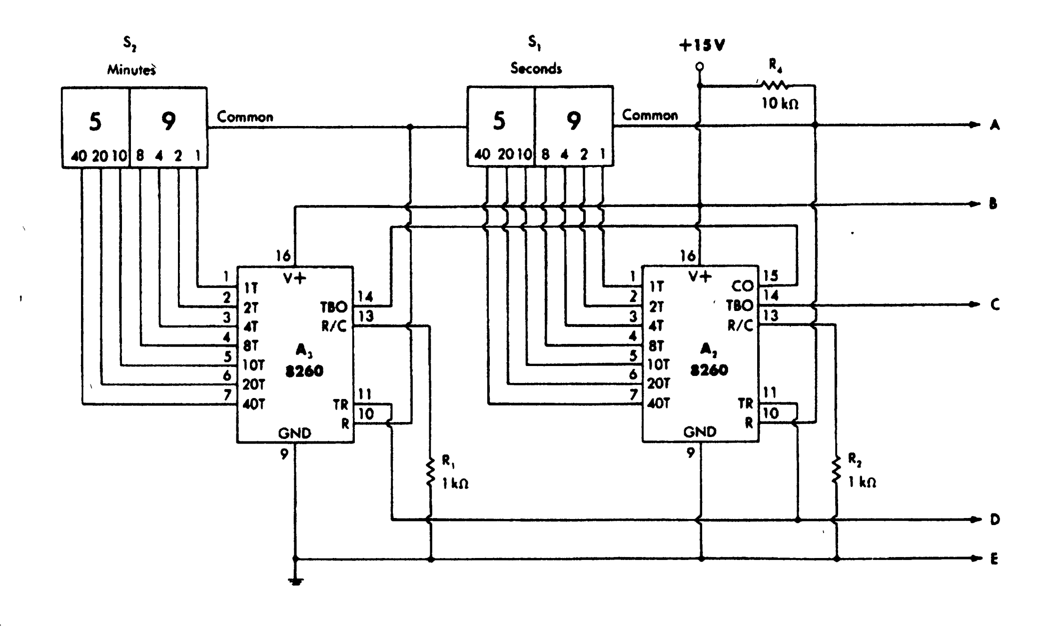


Рис. 4.3

Микросхема интегрального таймера CA555 производства компании RCA (рис. 4.3) применяется для автоматического режима переключения. Общий период состоит из суммы индивидуальных периодов t_1 и t_2, причем $t_1 = 0{,}693(R1 + R2)C_T$ и $t_2 = 0{,}693R2C_T$. При питании 5 В выходное напряжение состоит из прямоугольных импульсов длительностью t_1 с интервалом t_2. Напряжение на присоединенном конденсаторе является пилообразным напряжением, которое возрастает в течение интервала времени t_1 и спадает за время t_2.

4.4. Таймер для управления устройствами



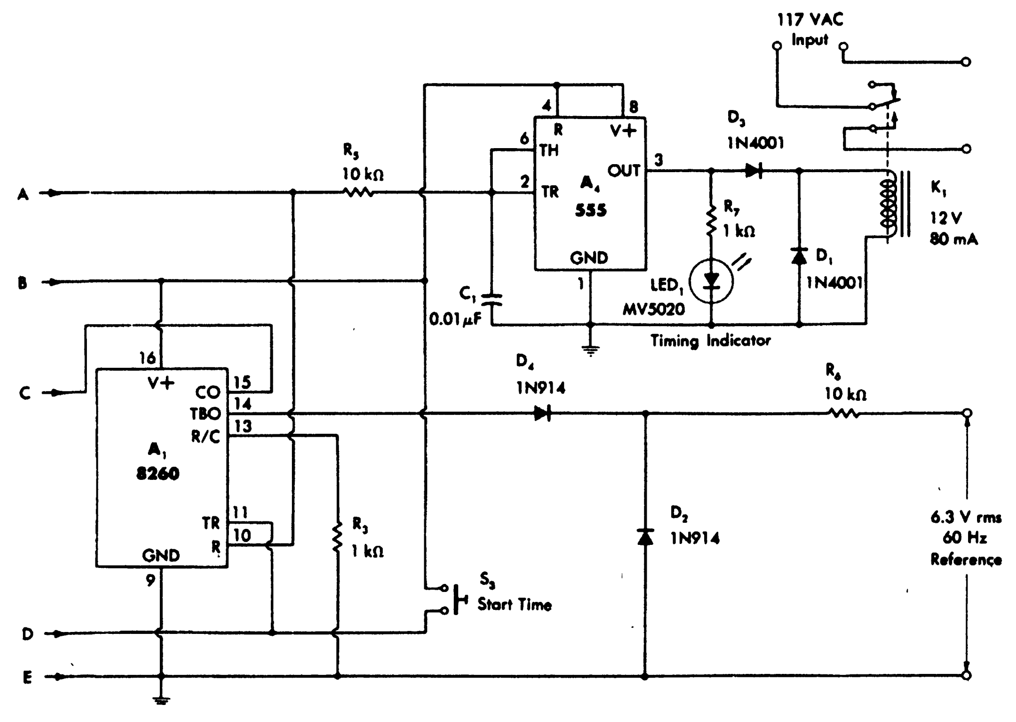


Рис. 4.4

Таймер (рис. 4.4) управляет интервалами времени до 1 часа с шагом в 1 сек. Программируется двумя кодовыми барабанными переключателями S_1 (секунды) и S_2 (минуты) (с цифрами по образующей цилиндра). В принципе схема состоит из программируемого двоичного счетчика, который подсчитывает тактовые импульсы с периодом 1 сек, которые поступают с микросхемы A_1. Микросхема A_1 работает как делитель частоты на 60 и переключается от тактового сигнала с частотой 60 Гц, который получается из импульсов питающего напряжения. Выходные импульсы с частотой 1 Гц от ИС A_1 подаются на программируемые счетчики A_2 и A_3. Если контакты кнопки S_3 замкнуты, то уровень логического нуля на резисторе R_4 запускает счетчик времени. Выходной сигнал с A_4 включает реле K_1 для подключения исполнительного устройства к сети и одновременно включает светодиод для индикации включения датчика времени. Эту схему можно применить на кухне и в темной комнате для включения освещения на определенное время.

4.5. Схема 10-минутной задержки

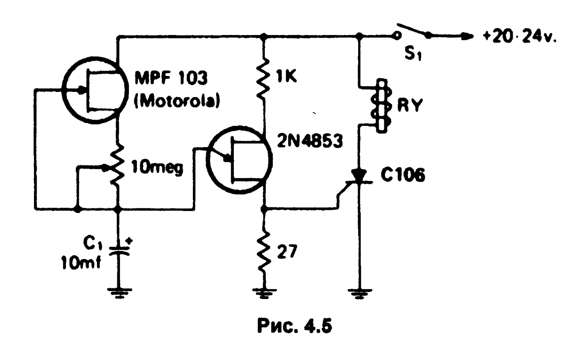


Рис. 4.5

Полевой транзистор типа MPF103, используемый в схеме задержки (рис. 4.5), дает небольшой стабильный ток заряда для конденсатора C_1, чтобы получать большее время заряда и, соответственно, большую задержку. После задержки, которая зависит от установки мегаомного потенциометра, управляющего однопереходным транзистором 2N4853, и разряда конденсатора C_1 через резистор с сопротивлением 27 Ом, запускается тиристор C106 и включается реле. Размыкание переключателя S_1 возвращает схему в исходное состояние.

4.6. 10-часовой таймер на полевом транзисторе

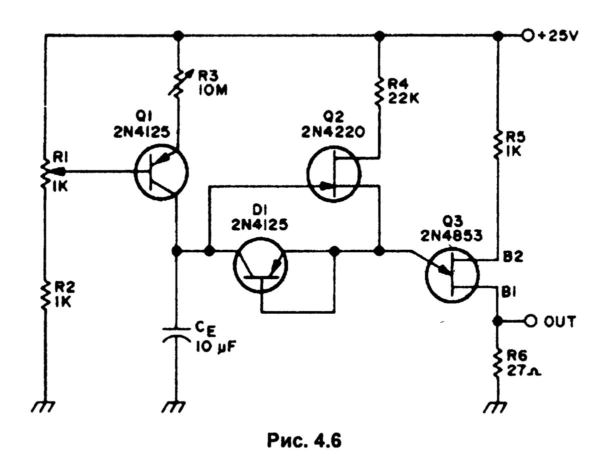


Рис. 4.6

Таймер (рис. 4.6) с большой длительностью задаваемых временных интервалов позволяет получать регулируемые задержки длительностью до 10 часов. Конденсатор C_E заряжается током, протекающим через транзистор Q1 до напряжения открывания аналога однопереходного транзистора, состоящего из транзисторов D1 и Q2, что приводит к включению транзистора Q3 и формированию положительного импульса выходного напряжения.

4.7. Выключатель для радио

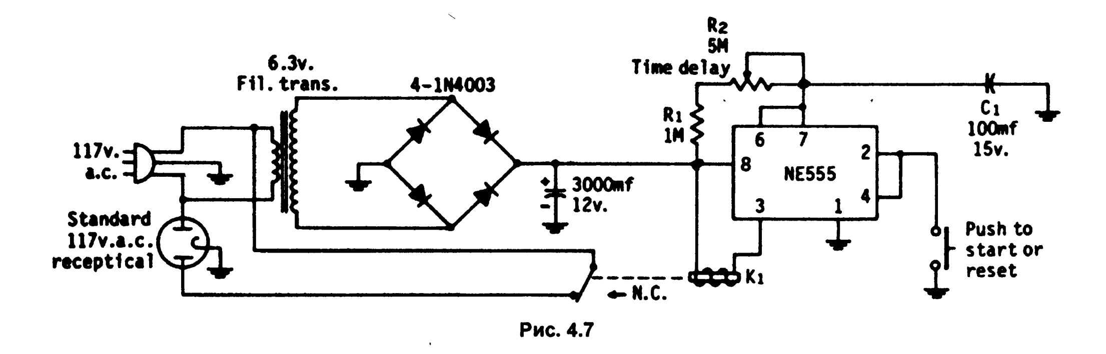


Рис. 4.7

Схема (рис. 4.7) предназначена для выключения радио, телевизора или других устройств после определенной задержки времени, начиная с момента нажатия пусковой кнопки. Потенциометром R_2 устанавливается задержка от 3 до 60 мин. Устройство идеально для всех, кто засыпает слушая музыку. В схеме используется реле K_1 на напряжение 12 В с током коммутации 200 мА или больше.

4.8. 10-минутный таймер со световой индикацией

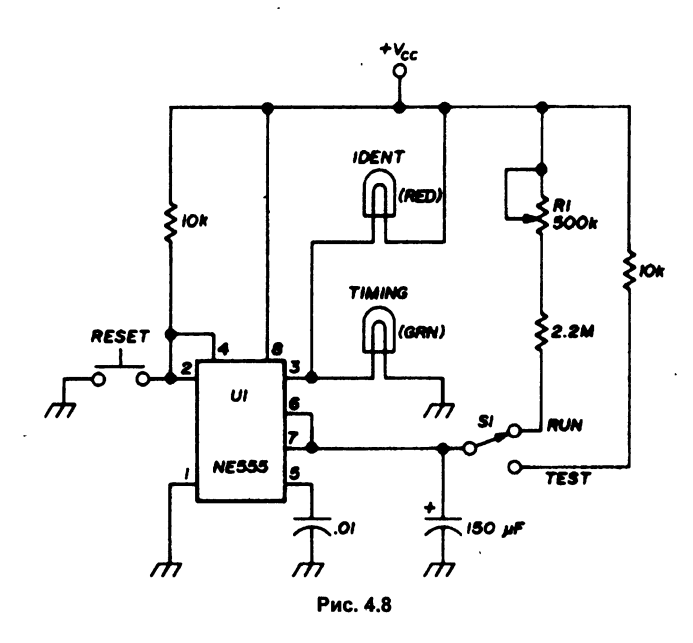


Рис. 4.8

Красная сигнальная лампа таймера (рис. 4.8) включается в конце временного периода, который может регулироваться потенциометром R1 от 7 до 11 мин, напоминая оператору любительской радиостанции о подаче кодового сигнала опознавания станции каждые 10 мин, как это требуется Федеральной комиссией связи (FCC). Зеленая лампа показывает, что таймер работает. Лампы не должны потреблять ток более 100 мА, чтобы таймер на микросхеме NE555 не перегружался. Для питания схемы может использоваться источник постоянного тока с напряжением от 9 до 12 В.

4.9. Предварительно устанавливаемый аналоговый таймер

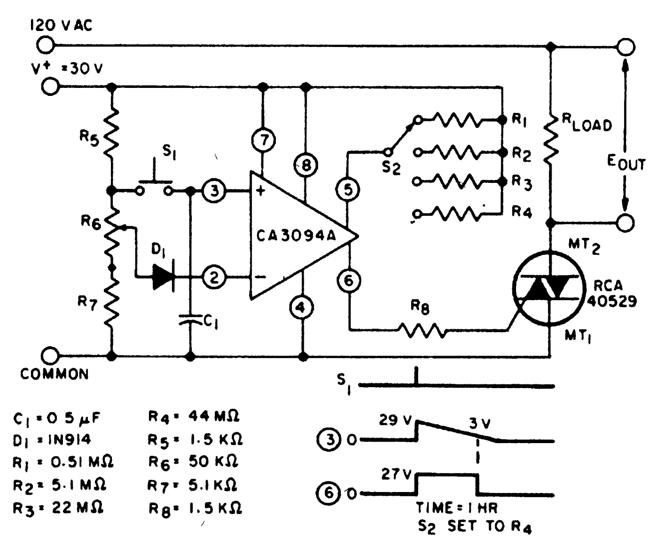


Рис. 4.9

Переключатель S_2 схемы аналогового таймера (рис. 4.9) дает возможность выбора 4 интервалов временной задержки между моментом замыкания кнопки S_1 и включением симистора силового выключателя. Семистор управляется выходным сигналом программируемого усилителя CA3094A производства компании RCA. Потенциометр R_6 необходим для первоначальной установки времени.

4.10. Таймер для варки яиц с мигающим светодиодом

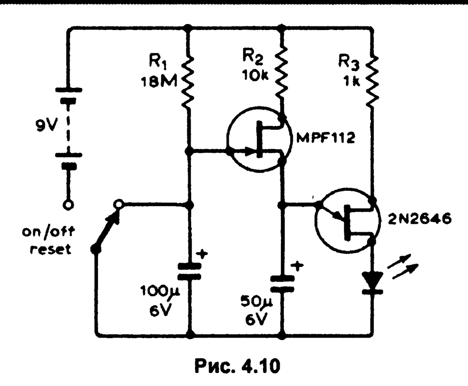


Рис. 4.10

Генератор на однопереходном транзисторе 2N2646 схемы (рис. 4.10) с помощью таймера на полевом транзисторе MPF112 вызывает мигание светодиода после задержки, которая определяется значением сопротивления резистора R_1. Если после включения переключателя конденсатор емкостью 100 мкФ заряжается примерно до напряжения 1 В, то открывается полевой транзистор MPF112 и запускает генератор на однопереходном транзисторе 2N2646, который выдает короткие импульсы с пиковым током 200 мА. Хотя схема была разработана для дешевого таймера, предназначенного для варки яиц, который может с успехом заменить песочные часы, но может использоваться и для многих других целей.

4.11. Выключатель транзисторного радиоприемника

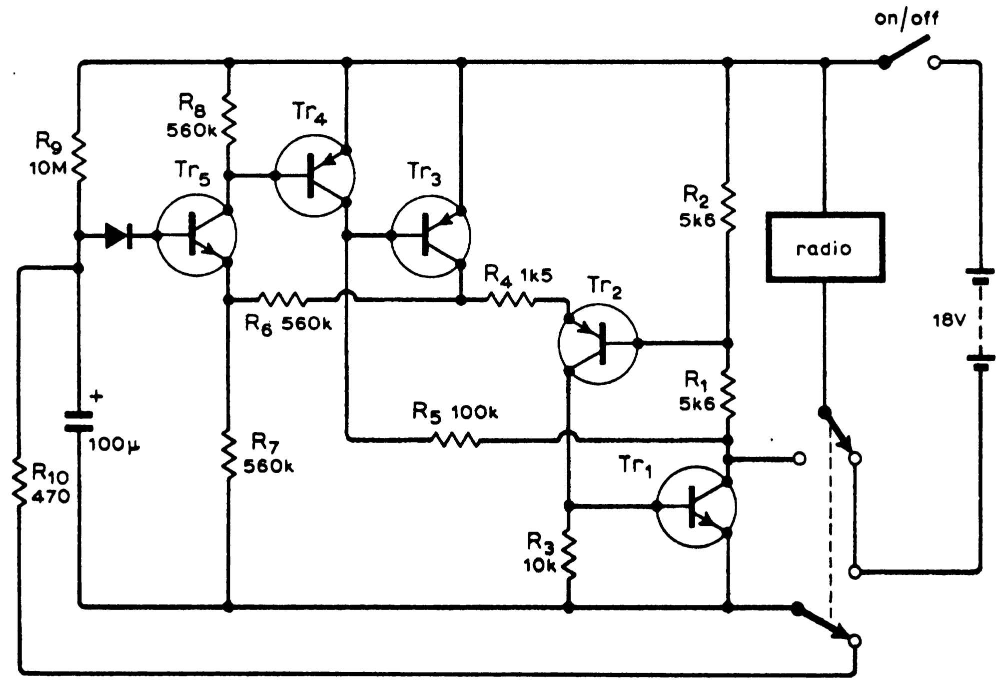


Рис. 4.11

Схема (рис. 4.11) выключает радио примерно после 30-минутной задержки, если спаренный переключатель установлен в режим задержки, а выключатель "On/Off" остается включенным. Таймер обладает малым потреблением электроэнергии при обоих положениях переключателя. Транзистор Tr_1 должен иметь коэффициент усиления тока более 25 при токах коллектора от 10 до 100 мА; к качестве транзистора Tr_5 может применяться транзистор 2N3706. Другие транзисторы должны иметь коэффициент усиления тока 50, как у транзистора 2N3702. Для режима работы с источником питания 4,5—9 В диод может не устанавливаться и значения сопротивлений резисторов R_4—R_7, в этом случае, должны быть уменьшены в два раза.

4.12. Схема 1,5-минутной задержки

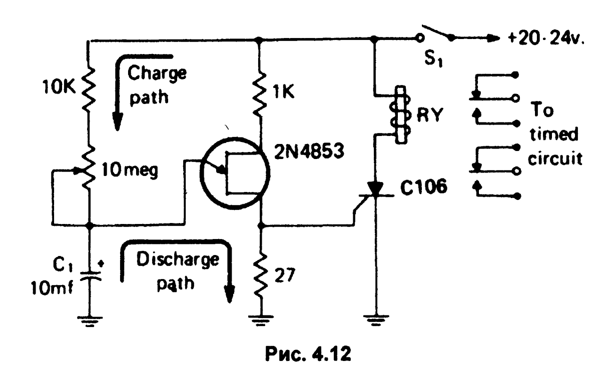


Рис. 4.12

Если переключатель S_1 схемы задержки (рис. 4.12) замкнут, начинается заряд конденсатора C_1. После задержки, которая устанавливается с помощью потенциометра с сопротивлением 10 МОм, открывается однопереходной транзистор 2N4853 и способствует разряду конденсатора через сопротивление 27 Ом, при этом открывается тиристор и включает реле. После размыкания переключателя S_1 схема возвращается в исходное состояние.

4.13. Схема 10-секундной задержки с напряжением питания 1,5 В

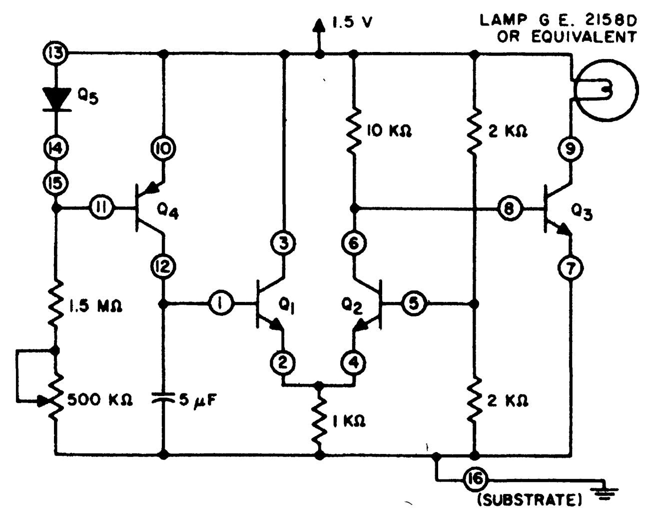


Рис. 4.13

Интегральная микросхема CA3096E компании RCA, на которой собрана схема задержки (рис. 4.13), и представляющая собой транзисторную сборку с 5 транзисторами, включает индикаторную лампу после установленного времени задержки с помощью потенциометра с сопротивлением 500 кОм. Транзистор Q_5 микросхемы подключен как диод.

4.14. Каскадный таймер

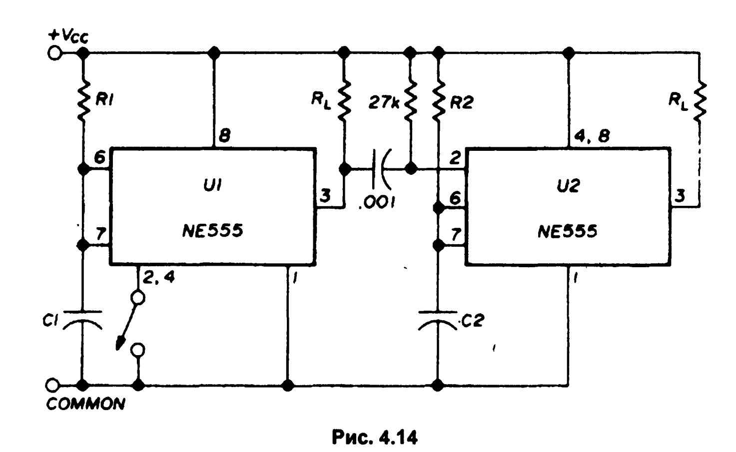


Рис. 4.14

Два таймера NE555 схемы (рис. 4.14) позволяют формировать интервалы времени для двух отдельных нагрузок. Время для таймера U1 задается с помощью резистора R1 и конденсатора C1, а для U2 с помощью резистора R2 и конденсатора C2. Таймер запускается во время кратковременного замыкания вывода 2 на общий провод (common). Однажды запущенный, он не может быть переключен после размыкания переключателя. Вследствие того, что вывод запуска 2 и вывод сброса 4 связаны друг с другом, обе функции при нажатии пусковой кнопки отключаются. Если функция сброса не желательна, то выводы 4 и 8 должны быть замкнуты друг с другом. В конце заданного интервала времени на выводе 3 таймера U1 появляется низкий уровень сигнала, что приводит к формированию отрицательного импульса в точке соединения конденсатора емкостью 0,001 мкФ и резистора с сопротивлением 27 кОм, который поступает на вывод 2 микросхемы таймера U2 и запускает его. Применяя источник постоянного тока с напряжением 15 В, каждый таймер может переключать нагрузку с током до 200 мА.

4.15. Схема устройства отключения питания

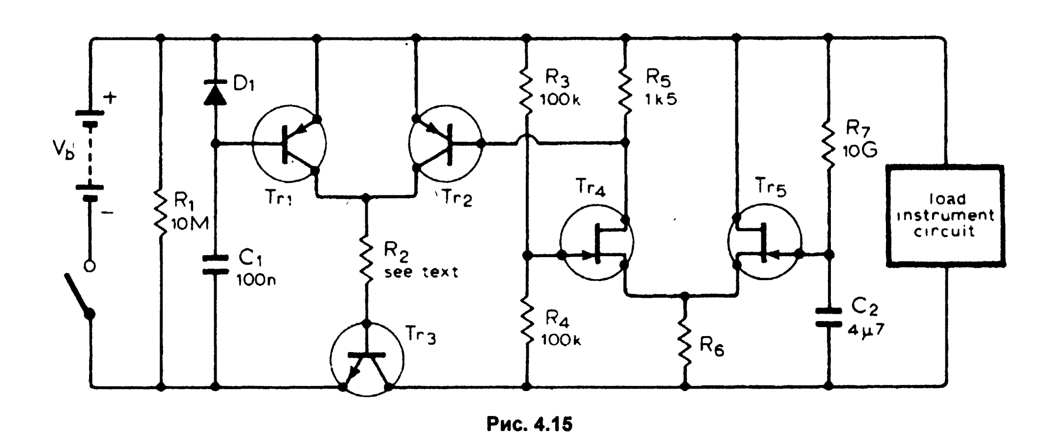


Рис. 4.15

Эта схема (рис. 4.15) может добавляться к каждому устройству, питающемуся от батареи питания, для предотвращения ненужного расхода энергии батареи, если кто-то забыл выключить устройство вручную. Показанная схема допускает 10-часовой режим работы без выключения, что соответствует времени полного рабочего дня. После отключения, для возврата в рабочий режим, нужно выключить и снова включить переключатель. Если тумблер питания включен, а схема находится в состоянии "выключено", то схема потребляет ток, определяемый только током через резистор R_1 сопротивлением 10 МОм и токами утечки транзисторов. Время до момента выключения определяется номиналами конденсатора C_2 и резистора R_7. В схеме таймера используются транзисторы Tr_1 и Tr_2 — 2N4061, BC478 или похожий кремниевый *p-n-p*-транзистор, Tr_3 — транзистор 2N3053, BC142 или похожий кремниевый *n-p-n*-транзистор средней мощности, транзисторы Tr_4 и Tr_5 — 2N3819, диод D_1 — любой небольшой кремниевый диод, R_6 — резистор сопротивлением 4,7 кОм для батареи элементов питания напряжением 9 или 12 В и 10 кОм для батареи с напряжением 15—27 В. Резистор R_2 выбирается так, чтобы он подходил к рабочему току и напряжению батареи, подходящее значение — $15V_b$ / I_{out}.

4.16. Схема таймера со сбросом

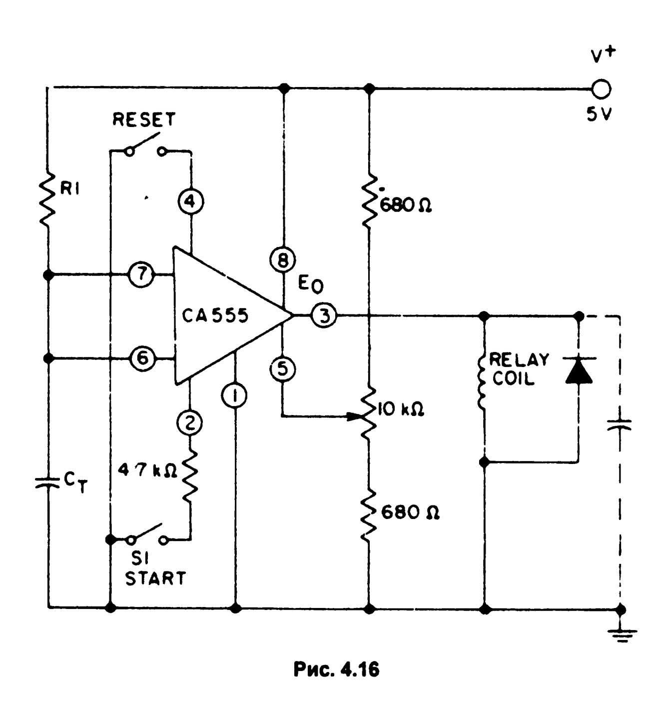


Рис. 4.16

Таймер CA555 производства компании RCA, используемый в схеме (рис. 4.16), подключен так, что конденсатор C_T разряжается через транзистор в ИС. Если пусковая кнопка "START" замыкается, то внутренний триггер микросхемы CA555 посредством закрывания внутреннего транзистора отключает конденсатор C_T от общего провода, после зарядки конденсатора выходное напряжение на выходе микросхемы на выводе 3 резко вырастает и возбуждает катушку реле — реле срабатывает. Напряжение на конденсаторе C_T возрастает экспоненциально с постоянной времени $R1C_T$. Когда напряжение на конденсаторе достигает 2/3 напряжения питания, срабатывает внутренний триггер и открывает внутренний транзистор, замыкая конденсатор C_T, при этом конденсатор быстро разряжается, напряжение на выходе приближается к низкому уровню и реле отключается. Задержка практически независима от колебаний напряжения. Если во время работы таймера подается отрицательный импульс одновременно к выводу 4 и 2, в это время оба соответствующие переключатели "RESET" (Сброс) и "START" (Пуск) замкнуты, то запускается новый цикл. Короткое нажатие переключателя "RESET" (Сброс) отменяет цикл, конденсатор C_T разрядится, без нового запуска цикла.

4.17. Таймер с минимальным током потребления

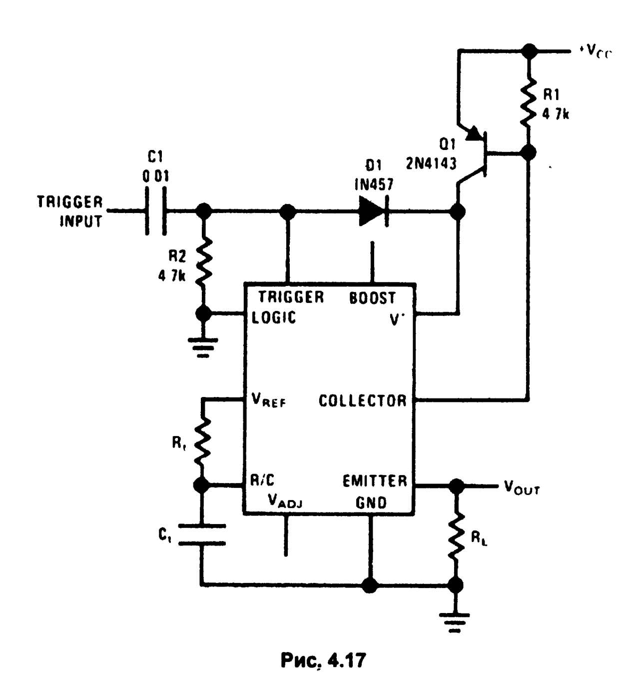


Рис. 4.17

Таймер LM122 компании National схемы (рис. 4.17) подключен так, что между временными циклами ток по цепи питания уменьшается практически до нуля. Внешний *p-n-p*-транзистор типа Q1 служит ключом между выводом питания V+ таймера и напряжением источника питания $+V_{CC}$. Между временными периодами транзистор Q_1 отключен и протекание тока через него отсутствует. Появление импульса с напряжением 5 В или большего включает транзистор Q_1 на период работы таймера, который определяется резистором R_1 и конденсатором C_T, продолжительностью от микросекунд до часов.

4.18. Последовательный таймер

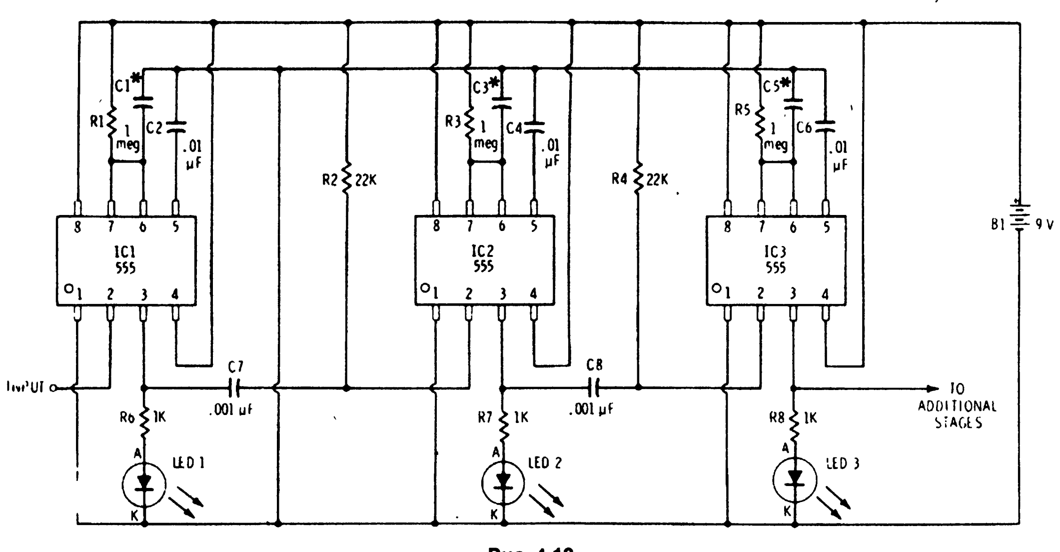


Рис. 4.18

Каскад из 3 таймеров 555 (рис. 4.18), управляющих тремя соответствующими светодиодами LED1—LED3, формирует следующие друг за другом вспышки с индивидуально регулируемой длительностью. Времена отдельных таймеров определяются значениями конденсаторов C1, C3 и C5. Значения резисторов R1, R3 и R5 также влияют на задержки. Если для всех 3 конденсаторов используется конденсатор одинаковой емкостью 1 мкФ, то вместо постоянных резисторов должны применяться потенциометры.

4.19. Стабильный таймер на 4 транзисторах

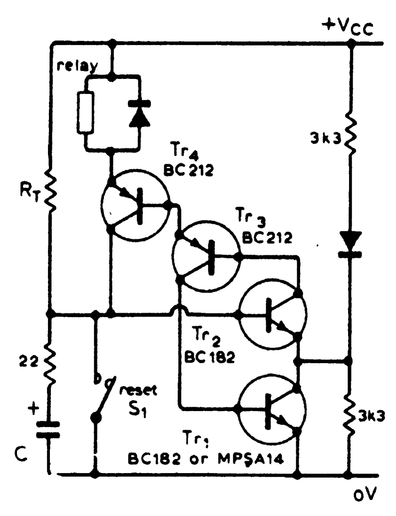


Рис. 4.19

Схема таймера (рис. 4.19) обладает хорошей устойчивостью к импульсным помехам, т. к. в нормальном состоянии все транзисторы включены. Это предотвращает нежелательные временные циклы, которые иногда встречаются в микросхемах-таймерах. При запуске начинается заряжаться конденсатор С до тех пор, пока напряжение не достигнет величины, необходимой для открывания транзистора Tr_2, после чего он начинает открываться и открывает другие 3 транзистора. При регенерации конденсатор С разрядится примерно до 0,6 В. Таймер запускается либо прикладыванием напряжения питания V_{CC}, либо размыканием переключателя S_1. Продолжительность времени зависит от значения напряжения V_{CC}.

4.20. Схема последовательного таймера

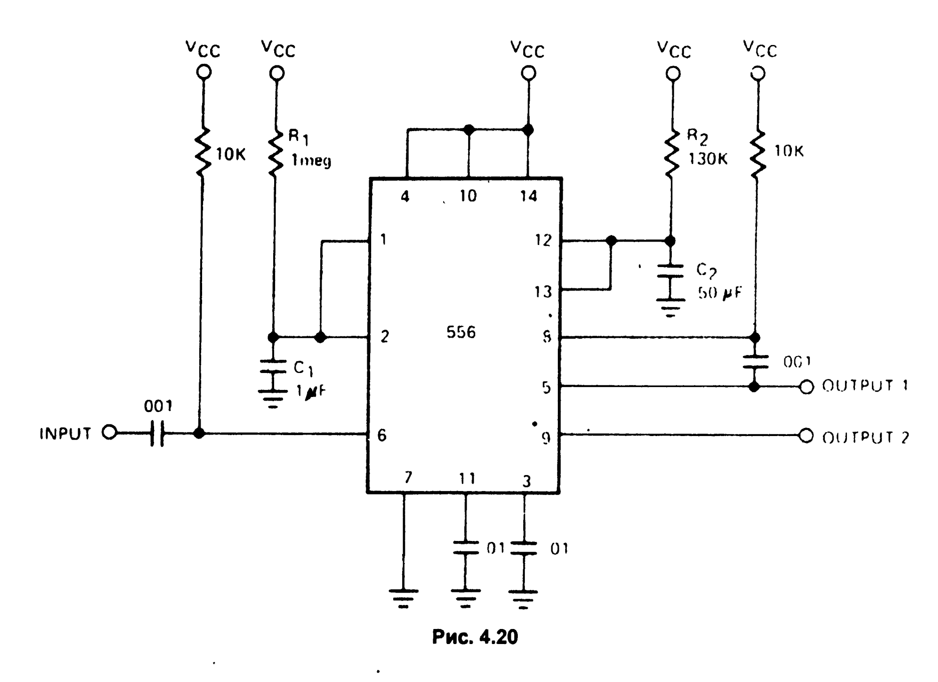


Рис. 4.20

Выход первой половины сдвоенного таймера 556 (рис. 4.20) подключен через конденсатор емкостью 0,001 мкФ к входу второй половины, что позволяет получить общую задержку, которая равна сумме отдельных задержек. Первая половина таймера запускается в то время, когда вывод 6 кратковременно подключается к общему проводу. После интервала, время которого равно $1,1R_1C_1$, второй таймер стартует с интервалом $1,1R_2C_2$.

4.21. Длительная задержка отключения двигателя

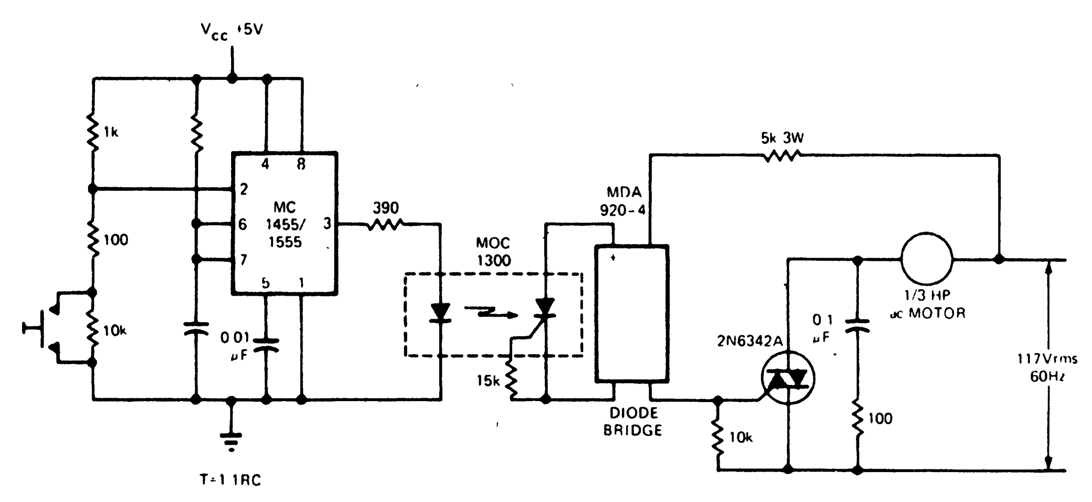


Рис. 4.21

При кратковременном нажатии кнопки в цепи управления схемы (рис. 4.21), состоящей из таймера, оптрона и моста запуска симистора, примерно через 1 час останавливается двигатель переменного тока или другое внешнее подключенное устройство. При нажатии кнопки напряжение на выводе 2 снижается до 1/3 напряжения питания V_{CC}. На выходе таймера появляется сигнал высокого логического уровня, который посредством оптрона и диодного моста открывает семистор. При этом двигатель начинает работать. Высокий уровень на выходе остается до тех пор, пока напряжение на конденсаторе не достигнет 2/3 напряжения питания V_{CC}. После этого на выходе появляется низкий уровень и двигатель выключается.

4.22. Таймер на 10 сек

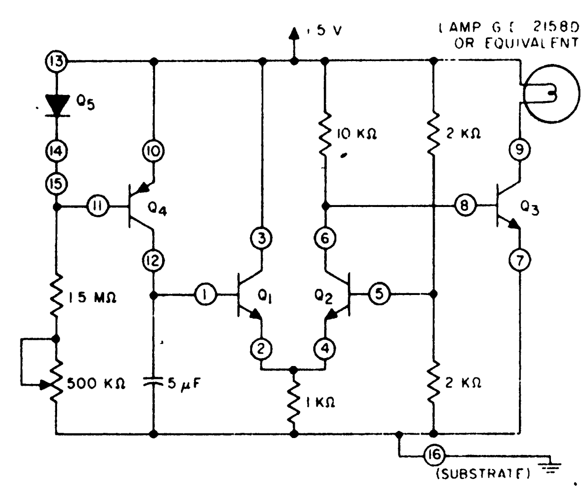


Рис. 4.22

Транзисторная сборка CA3096, используемая в схеме (рис. 4.22), содержит все необходимые активные компоненты для создания таймера. Конденсатор емкостью 5 мкФ заряжается через транзистор Q_4 до тех пор, пока не включится бистабильный переключатель на транзисторах Q_1—Q_2, транзистор Q_3 откроется и через индикаторную лампу накаливания потечет ток. Загоревшаяся лампа индицирует момент окончания временного интервала.

4.23. Таймер с 10-часовой задержкой

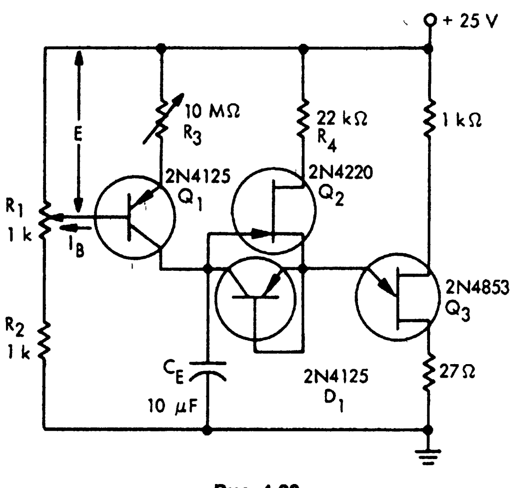


Рис. 4.23

Длительное время задержки схемы (рис. 4.23) достигается за счет раздельного регулируемого тока заряда таймера. Транзистор Q_1, резисторы R_1, R_2 и R_3 образуют источник стабильного тока для заряда конденсатора C_E, ток заряда которого с помощью этого источника может настраиваться до нескольких наноампер. Транзистор Q_2 работает как истоковый повторитель и предназначен для управления однопереходным транзистором Q_3. Подключенный как диод транзистор Q_1 имеет низкое сопротивление при разряде конденсатора C_E, происходящем в момент открытия однопереходного транзистора. Время задержки изменяется линейно, в зависимости от положения резистора R_3.

4.24. Каскадный таймер с автоматическим перезапуском

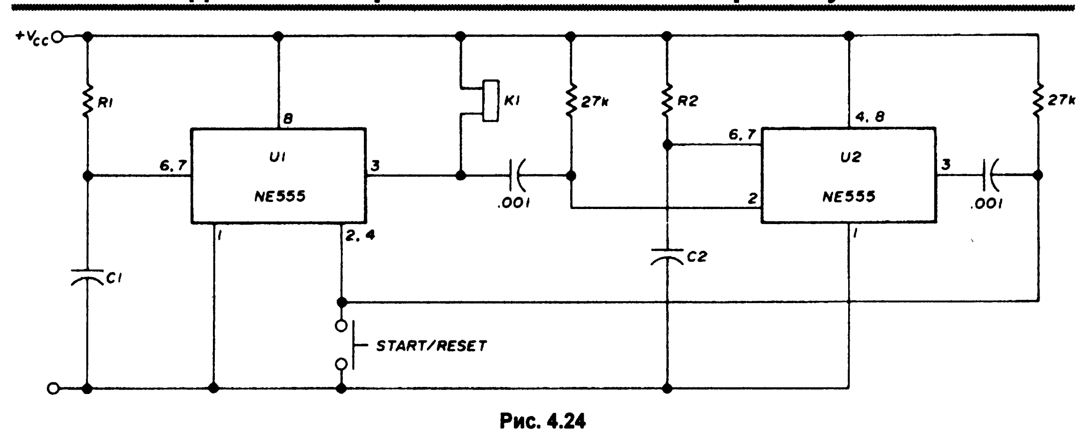


Рис. 4.24

Два таймера (рис. 4.24), каждый из которых может управлять своей нагрузкой, имеют собственные интервалы времени (от R1C1 и R2C2 соответственно) и запускаются в автоматическом цикле после короткого нажатия пусковой кнопки "START/RESET". При желании, второй таймер может использоваться для управления временем первого. При напряжении питания 15 В каждый таймер может переключать нагрузку с максимальным током до 200 мА.

4.25. Схема задержки с мощным транзистором

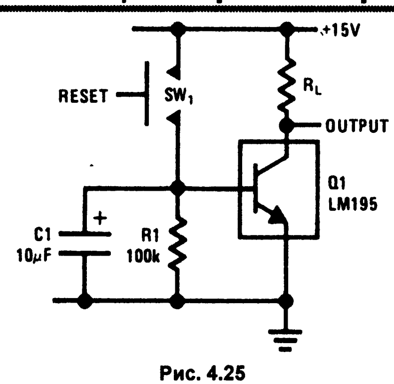


Рис. 4.25

Нагрузка R_L (рис. 4.25) включается, если нажата кнопка SW_1. После размыкания контактов кнопки конденсатор C1 разряжается через резистор R1. В тот момент, когда напряжение на конденсаторе станет менее 0,8 В, мощный транзистор LM195 закрывается и отключает нагрузку. Большого времени задержки можно достичь и с конденсаторами меньшей емкости, если применять более высокоомный резистор R1.

4.26. Преобразователь время-напряжение

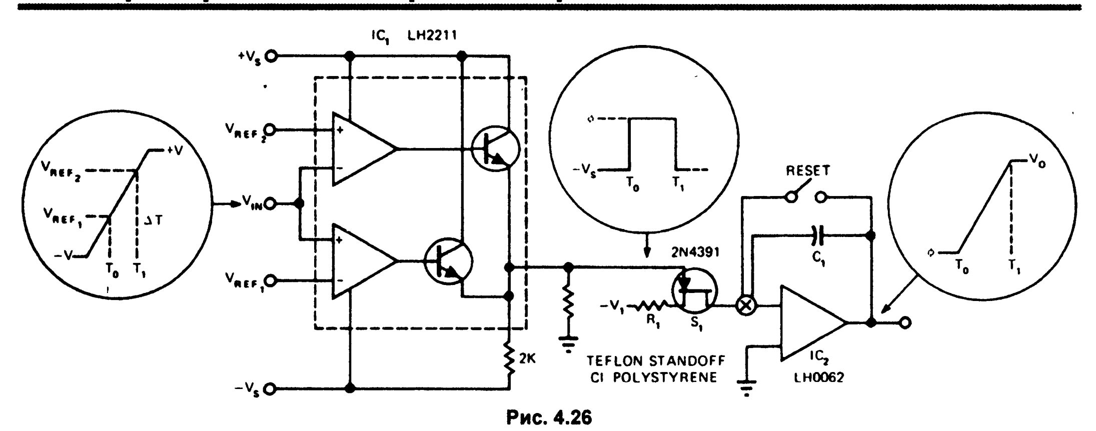


Рис. 4.26

Сдвоенный компаратор (рис. 4.26) LH2211, полупроводниковый ключ 2N4391 и быстродействующий операционный усилитель на полевых транзисторах LH0062 дают в итоге достаточную гибкость, большой диапазон и точность измерения, которая необходима, чтобы применять этот преобразователь для компьютеризованных испытательных систем. Микросхема IC_2 работает и как интегратор, и как схема выборки и хранения. Эталонное опорное напряжение поступает на выводы V_{REF1} и V_{REF2} микросхемы IC_1, что позволяет выполнять измерение временных параметров сигналов (скорости изменения сигналов), которые имеют положительные и/или отрицательные уровни напряжения. Выходные каскады компаратора способствуют преобразованию напряжения, поступающего далее на ключ S_1, выполненный на полевом транзисторе 2N4391. С закрытым ключом S_1 интегратор IC_2 либо в течение некоторого времени хранит предыдущее измеренное значение, либо после сброса с помощью переключателя "RESET" выдает на выходе нулевое напряжение. При открытом ключе S_1 на выходе микросхемы IC_2 наблюдается итоговое значение напряжения, пропорциональное времени изменения измеряемого сигнала. Диапазон измерения — от 1 мксек до нескольких часов.

4.27. Высокоточный 1-секундный таймер

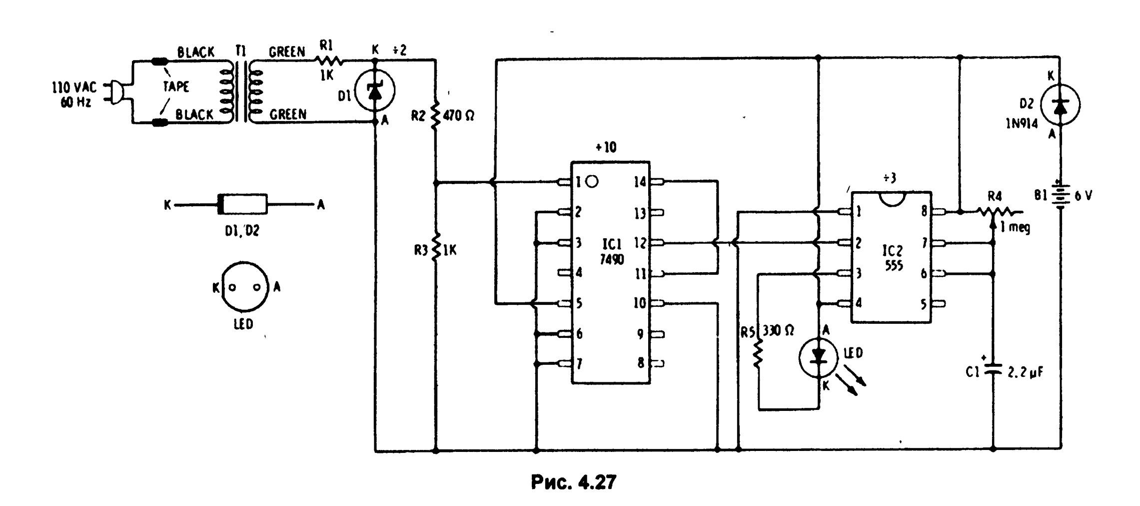


Рис. 4.27

Точность таймера (рис. 4.27) определяется стабильностью частоты питающей сети 60 Гц. После формирователя прямоугольных импульсов, выполненного на 6-вольтовом стабилитроне 276—561 компании Radio Shack, импульсы с частотой сети поступают на десятичный счетчик 7490, который делит частоту сети на 10 и обеспечивает на выходе частоту 6 Гц. Таймер 555 подключен как моностабильный и настроен с помощью резистора R4 так, что на его выходе формируется сигнал с частотой 1 Гц. Таким образом, светодиод мигает с точным интервалом в 1 сек и остается включенным примерно 100 мс. В схеме в качестве трансформатора T1 используется сетевой накальный трансформатор с выходным напряжением 6,3 В.

4.28. Схема 30-секундной задержки после запуска

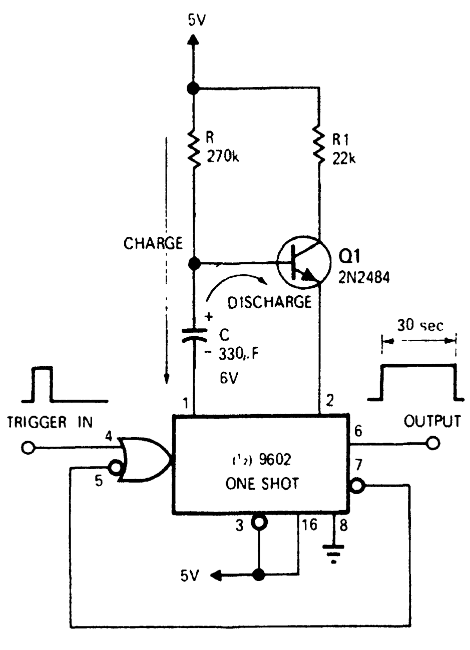


Рис. 4.28

С показанными на схеме (рис. 4.28) номиналами элементов микросхема 9602, включенная в моностабильном режиме, дает на выходе время задержки 30 сек после запуска и игнорирует последующие запускающие импульсы в течение времени задержки. Время задержки в секундах равно RC/3, причем значение сопротивления резистора R должно измеряться в омах, а емкость конденсатора C — в фарадах. Задержку можно уменьшить до 10 мс, если использовать резистор R с сопротивлением 30 кОм и конденсатора C с емкостью 1 мкФ. Максимальная задержка — примерно 1 мин для резистора R сопротивлением 560 кОм.

4.29. Схема таймера для сохранения энергии батареи питания прибора

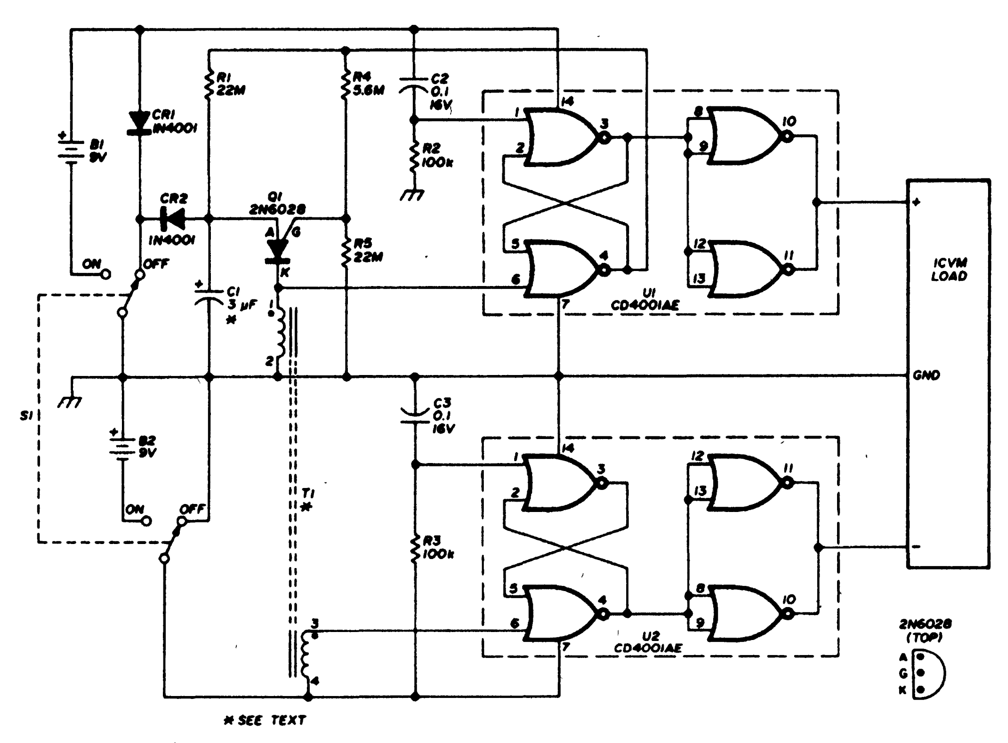


Рис. 4.29

Представленная схема (рис. 4.29) позволяет вольтметру, работающему от батареи питания, автоматически выключаться примерно через 3,5 мин после нажатия переключателя S1, чтобы продлевать срок службы батареи, в том случае если оператор забывает выключать прибор. В любое время схема может быть включена или выключена с помощью переключателя S1. Программируемый однопереходной транзистор Q_1 управляет схемой с фиксацией состояния типа "защелка", содержащей четыре логических элемента 2ИЛИ-НЕ логической микросхемы U1 CD4001AE. При наличии высокого уровня на выводе 3 и низкого на выводе 4 схема и нагрузка выключаются. Ток питания для микросхемы U1 составляет только 0,001 мкА. Значения резистора R1 и конденсатора C1 определяют интервал времени задержки. Трансформатор T1 имеет 600 витков провода с эмалевой изоляцией для первичной и 600 витков для вторичной обмотки, намотанной поверх первичной.

4.30. 4-часовой последовательный таймер

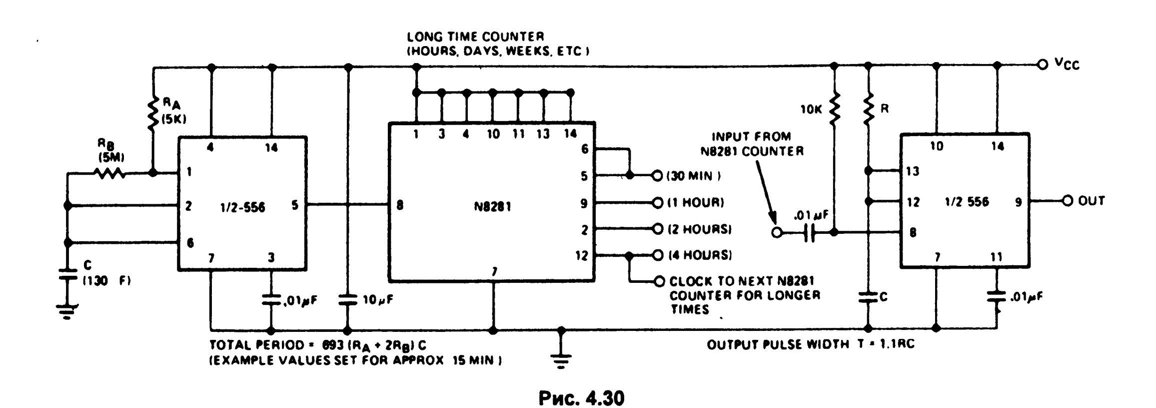
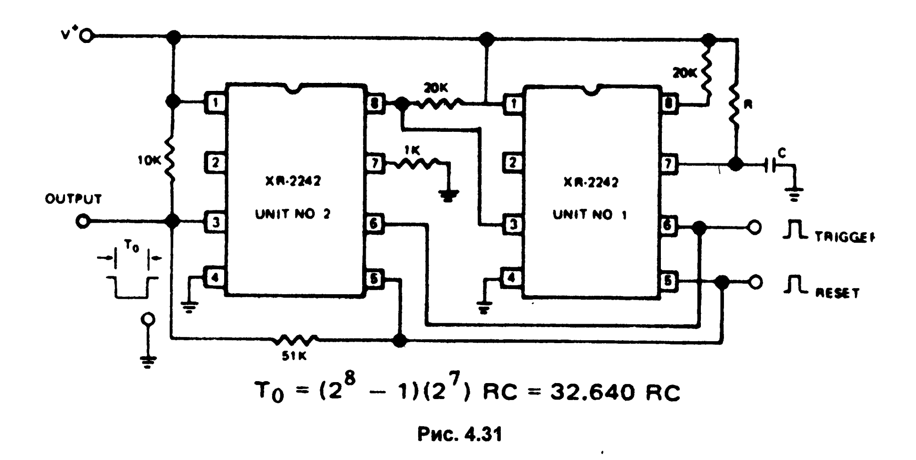


Рис. 4.30

Применение делителя N8281 между частями однокорпусного сдвоенного таймера 556 (рис. 4.30) позволяет получить очень длительные отрезки времени, без использования дорогих конденсаторов с низкими токами утечки. Первая часть таймера работает как генератор с периодом $1/f$. Выход генератора подается на вход делителя на N (счетчик N8281). Счетчик формирует на выходе сигналы с периодом N/f и запускает вторую половину таймера. Способ подключения делителя ко второй части таймера определяет величину задержки. Каскадированием дополнительных делителей максимальная задержка может быть увеличена до дней или недель.

4.31. Таймер на 1 год



$T_0 = (2^8 - 1)(2^7)\ RC = 32.640\ RC$

Рис. 4.31

Применение таймеров с большой длительностью задаваемых временных интервалов XR-2242 от фирмы Exař позволяет создавать сверхдлительные задержки вплоть до одного года. Прежде чем выход 3 второй микросхемы (изображена слева) (рис. 4.31) изменит свое состояние, на вход счетчика требуется подать 32640 тактовых импульсов. Общий нагрузочный резистор способствует тому, что вторая часть счетчика будет переключаться каждый раз, когда на выходе первого счетчика появляется положительный фронт. При подключении дополнительного таймера задержка увеличивается до $1{,}065\times10^9$RC. Со значениями RC, которые дают импульсы длительностью 0,1 сек, задержка будет составлять 3,4 года.

4.32. Таймер длительностью от микросекунды до часа

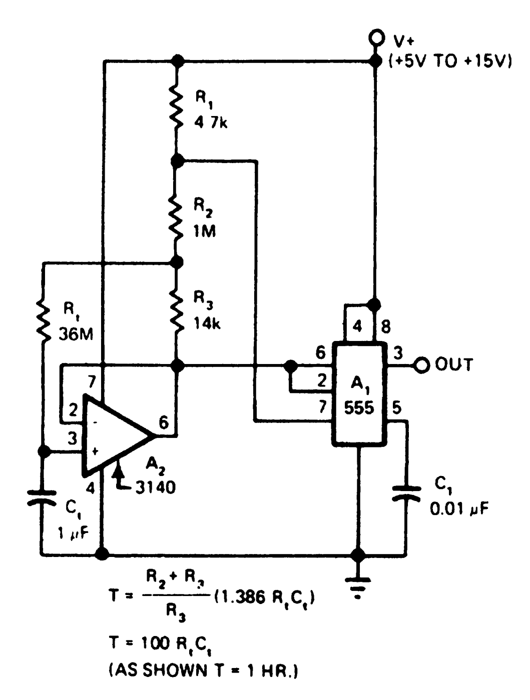


Рис. 4.32

Если в схеме (рис. 4.32) совместно с таймером использовать операционный усилитель на полевых транзисторах (3140), то диапазон тактовых импульсов таймера 555 может быть увеличен в 100 раз. Вывод 7 таймера 555 переключает приложенное напряжение временной определяющей цепи между V+ и заземлением. Выбранное отношение для резисторов R_2—R_3 может варьироваться в широком диапазоне. Прямоугольное напряжение на резисторе R_3 будет минимум 50 мВ. На выходе таймера присутствует прямоугольный импульс. Напряжение питания для работы схемы некритично.

4.33. 1-часовой таймер с переключателем для выбора режима работы

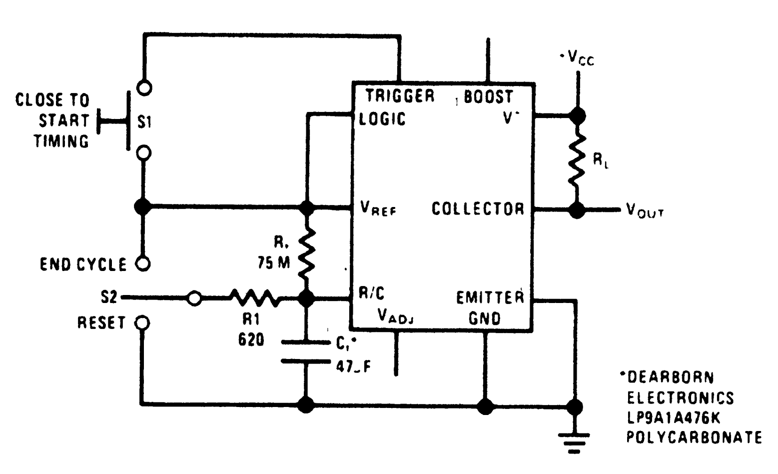


Рис. 4.33

Схема (рис. 4.33) содержит таймер LM122 компании National с переключателем для осуществления управления запуском вручную, сброса и выхода из цикла одночасовой задержки. Схема запускается замыканием пусковой кнопки S1. Кнопка пуска S1 включается один раз и не оказывает влияния в дальнейшем. Если переключатель S2 включен в положение "END CYCLE" (Конец цикла), то время задержки преждевременно прерывается и соответствующим образом изменяется исходное состояние. Если переключатель S2 находится в положении "RESET" (Сброс), то конденсатор C_T разрядится, не влияя на изменение выхода. При нахождении переключателя S2 в нейтральном положении можно запускать новый цикл таймера.

4.34. Секундомер

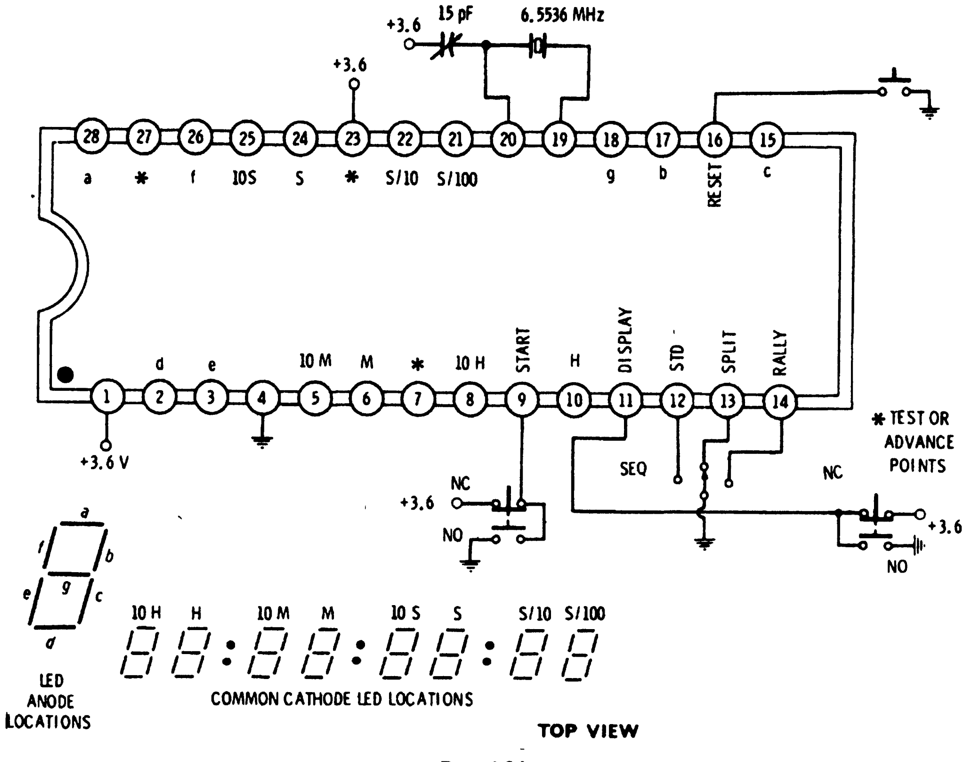


Рис. 4.34

Микросхема 7045 производства компании Intersil (рис. 4.34) может включать цифровой отсчет времени от 1/100 сек до часа в 4 различных режимах, установленных переключателями. При кратковременном замыкании пусковой кнопки вывода 9 на общий вывод секундомер запускается. Повторное нажатие кнопки активизирует выбранный режим работы. Если замкнуть вывод 16 "RESET" на землю, то часы сбрасываются в первоначальное состояние. Интегральная схема секундомера может подключаться непосредственно к светодиодному дисплею без дополнительных преобразований.

4.35. Таймер для передатчика

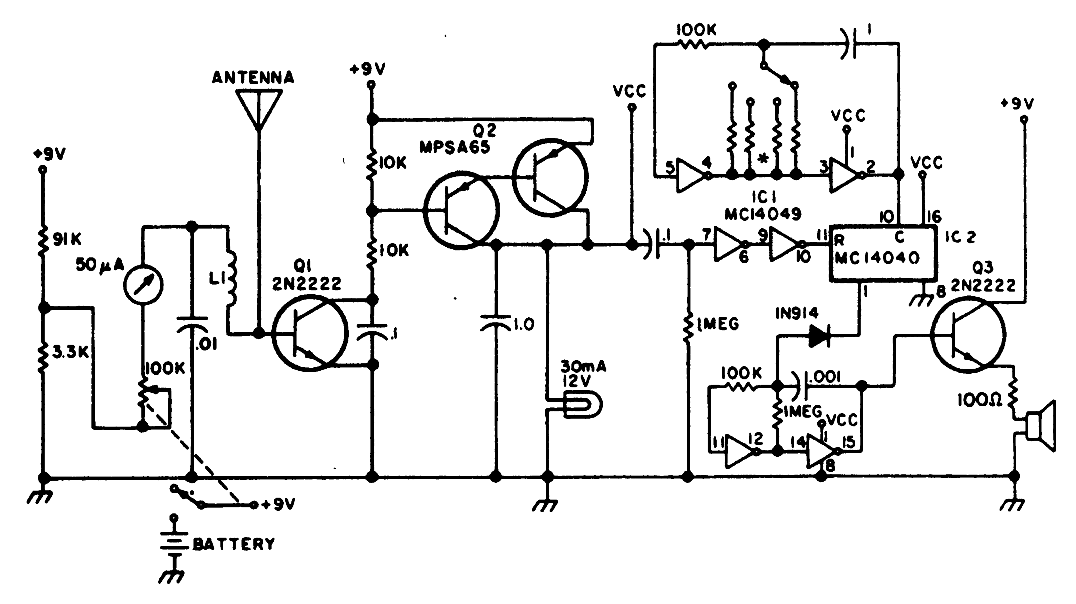


Рис. 4.35

Переключатель на 4 положения схемы (рис. 4.35) позволяет выбирать интервалы от 0,5 до 5 мин для контроля прохождения передачи радиопередатчика до момента, пока не будет подан звуковой сигнал после срабатывания таймера. Схема содержит измерительный прибор напряженности поля и индикаторную лампу "На передаче", генератор звукового сигнала, генератор тактовых импульсов с переключателем и счетчик импульсов. Отпускание клавиши микрофона примерно в течение 1 сек возвращает таймер в исходное состояние. Таймер состоит из инверторов микросхемы MC14049 и 12-разрядного двоичного счетчика MC14040. Индуктивность L1 состоит из 3 витков провода, намотанных на 5/16" стержень. Значения сопротивлений времязадающих резисторов составляют: 47 кОм для 0,5 мин, 100 кОм для 1 мин, 220 кОм для 2 мин, 390 кОм для 3 мин и 510 кОм для 5 мин.

4.36. Устройство звукового предупреждения через 90 сек для АМ-приемопередатчиков

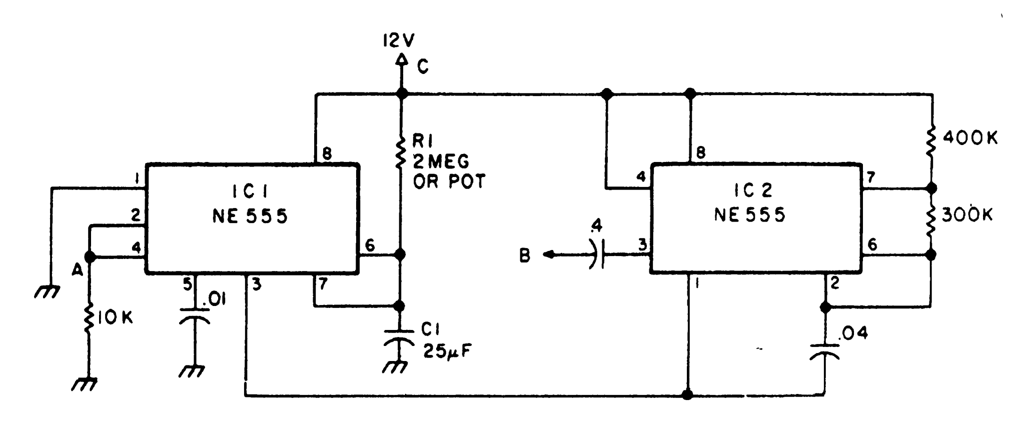


Рис. 4.36

Устройство (рис. 4.36) разработано для АМ-приемопередатчиков и предназначено для ограничения длительности индивидуальной передачи и, таким образом, препятствует разъединению связи. Таймер на IC1 типа NE555 с подключенным конденсатором C1 и резистором R1 при запуске выдает тактовый импульс приблизительно в 90 сек. Точка "А" схемы связана с выводом микропереключателя T_R, который подключает точку к заземлению или 0 В при приеме и к 12 В при передаче. Цикл таймера начинается при передаче. Если таймер IC1 запущен, то будет активизирован таймер IC2, который подключен по схеме автогенератора с частотой 1000 Гц и управляет присоединенным к точке "В" приемопередатчиком. Звуковая сигнализация будет включена до тех пор, пока не будет отпущена клавиша микрофона и таймер вернется в исходное состояние.

4.37. Схема задержки от 0,5 до 136 сек с точностью, зависящей от частоты сети переменного тока

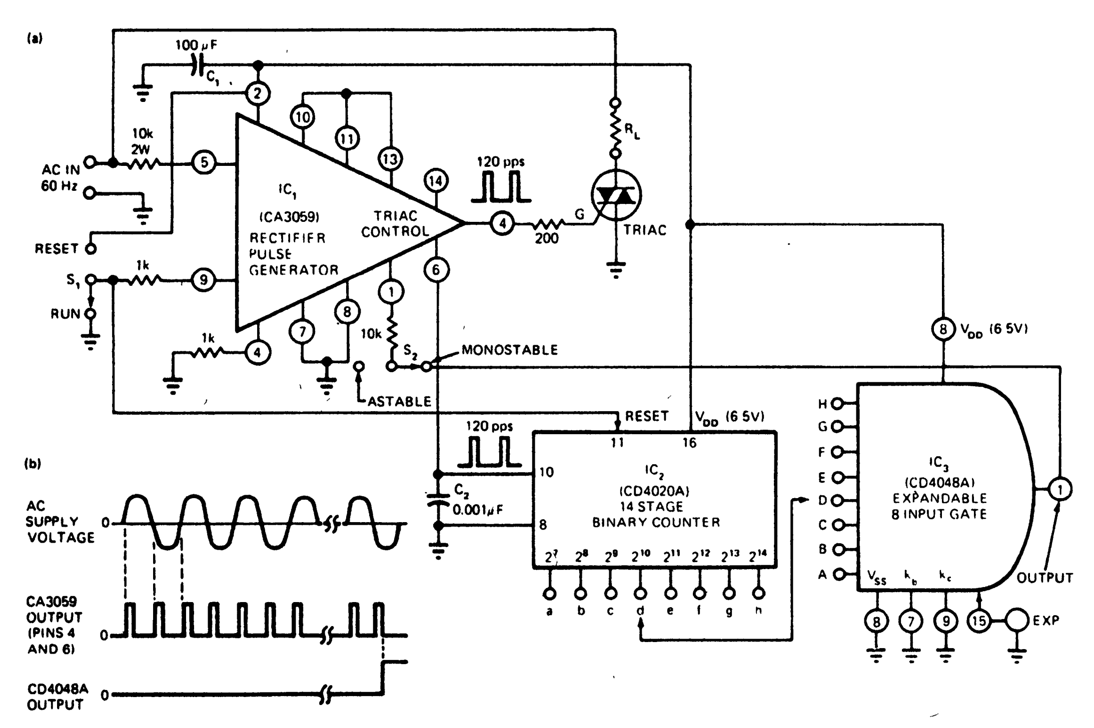


Рис. 4.37

Схема (рис. 4.37) позволяет получать временные задержки с выбранным шагом от 0,5 сек и с точностью, которая зависит от частоты сети переменного тока. Микросхема IC_1 на выводах 4 и 6 формирует 120 импульсов в секунду (120 Гц) с длительностью 100 мкс. Импульсы формируются при каждом проходе через нуль напряжения сети частотой 60 Гц. Первые 6 разрядов микросхемы IC_2 определяют тактовые импульсы с периодом 0,5 сек на выходе седьмого разряда счетчика. Двоичные выходные сигналы получаются на выходах в точках от "a" до "h" для 1T, 2T, 4T ... 128T. Таким образом, для одной минуты нужно устанавливать (примерно 112T) 64T + 32T + 16T соединения точек "e-E", "f-F" и "g-G". Все неиспользуемые входы логических элементов "И" микросхемы IC_3 нужно подключать к напряжению V_{DD}!

4.38. Схема последовательного таймера

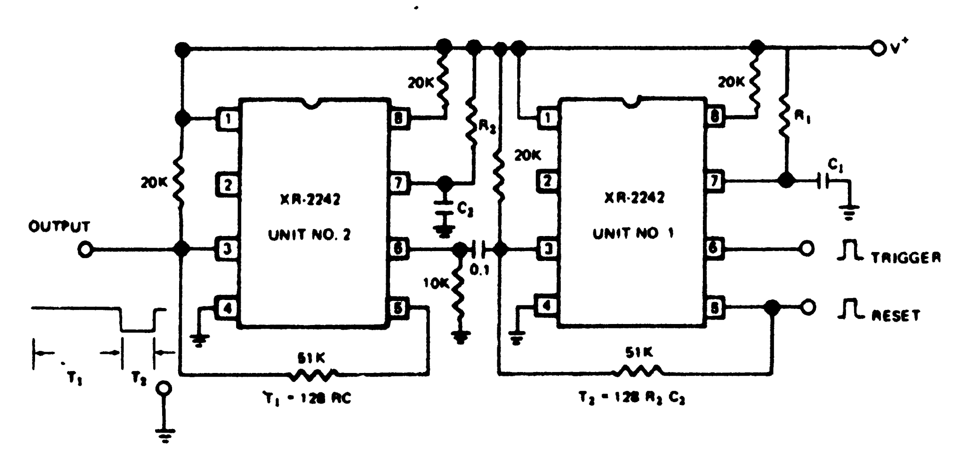


Рис. 4.38

Второй таймер схемы (рис. 4.38) с большой длительностью задаваемых временных интервалов на микросхеме XR-2242 (он расположен слева) производства компании Exar будет запускаться, если первый таймер закончит свой цикл, продолжительность которого равна $128R_1C_1$. После поступления сигнала от триггера на выходе первого таймера остается низкий уровень до момента окончания периода $T_1 = 128R_1C_1$. После окончания периода T_1 на выходе первого таймера появляется высокий уровень сигнала, своим фронтом запускающий второй таймер с периодом $T_2 = 128R_2C_2$. По окончании периода T_2 схема переходит снова в ждущий режим.

4.39. Регистратор событий

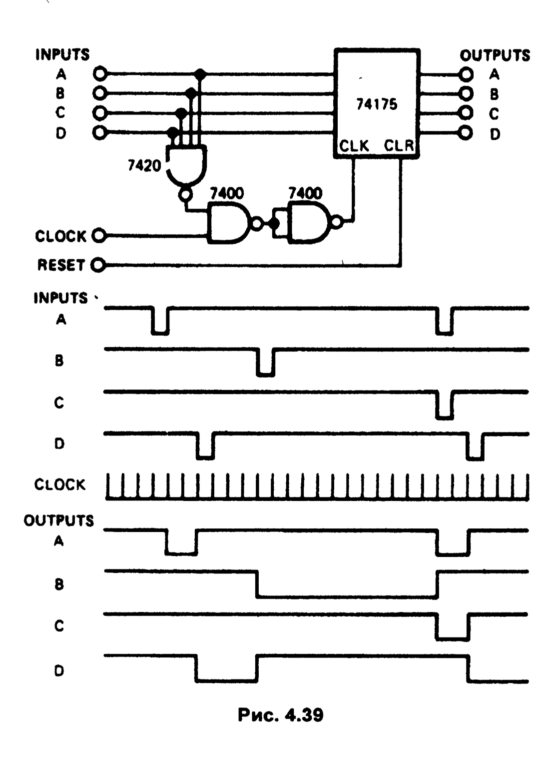


Рис. 4.39

Сигналы на входе последовательного таймера позволяют получить на выходе цифровые сигналы, включающие устройства, которые остаются включенными до следующего назначенного события. Когда на любом из входов (INPUTS A—D) схемы (рис. 4.39) присутствует низкий логический уровень, выход логического элемента 4И-НЕ переходит в состояние высокого уровня и пропускает тактовую частоту (CLOCK) на вход 4-разрядного синхронного регистра 74175 на D-триггерах. Так как используется сигнал синхронизации таймера события, выходы регистра синхронизируемы с ним. Уровень выходов не изменится до тех пор, пока на одном или нескольких входах не появится низкий уровень.

4.40. 10-минутный таймер с цифровым знаковым индикатором

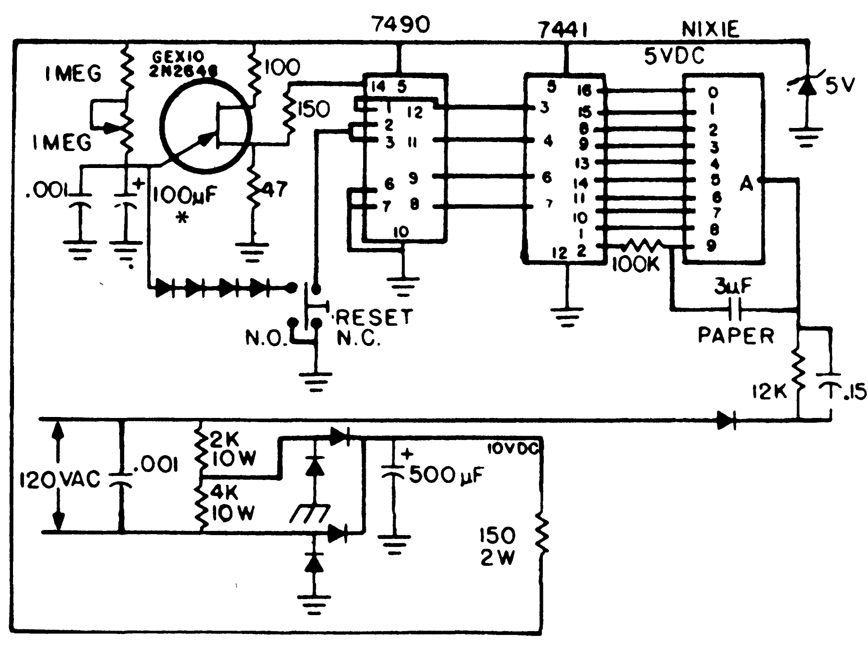


Рис. 4.40

Таймер времени идентификации радиолюбительской станции использует один цифровой знаковый индикатор тлеющего разряда для отображения прошедшего времени от начала передачи в минутах. После 9 мин цифра "9" индикатора, прежде чем превратится в "0", мигает в течение 60 сек, как визуальное напоминание, что любительская станция должна быть уже идентифицирована. В схеме можно использовать однопереходной транзистор типа 2N2646, диоды типа 1N4001 или эквивалентные. Интенсивность мигания цифры "9" знакового индикатора зависит от значения 100-килоомного сопротивления, которое подключено к выводу 9.

4.41. Таймер для безопасной эксплуатации поездов

Рис. 4.41

Схема таймера (рис. 4.41) позволяет получать ступенчато-регулируемые с интервалом в 2 сек временные задержки длительностью до 4 мин с точностью менее 5 %. Схема была запатентована фирмой ML Engineering для того, чтобы или выполнять автоматическое торможение поезда, или совершать какое-либо другое предусмотренное действие, если машинист в пределах определенного периода времени не реагирует на определенный сигнал.

4.42. Таймер на включение или выключение нагрузки

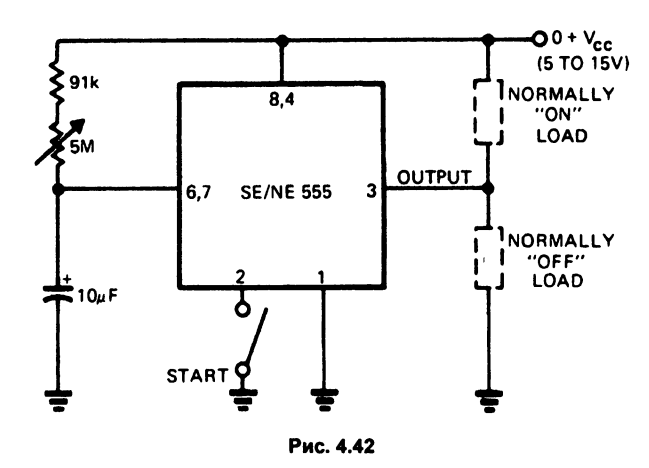


Рис. 4.42

Приведенная схема (рис. 4.42) предполагает 2 варианта схемы подключения таймера 555, с целью включения или выключения нагрузки в конце временного интервала, длительность которого от 1 до 60 сек определяется с помощью потенциометра сопротивлением 5 МОм. Таймер запускается нажатием пусковой кнопки "START". При желании, обе нагрузки в схеме могут эксплуатироваться при одновременном переключении.

4.43. Схема временной задержки от микросекунды до часа

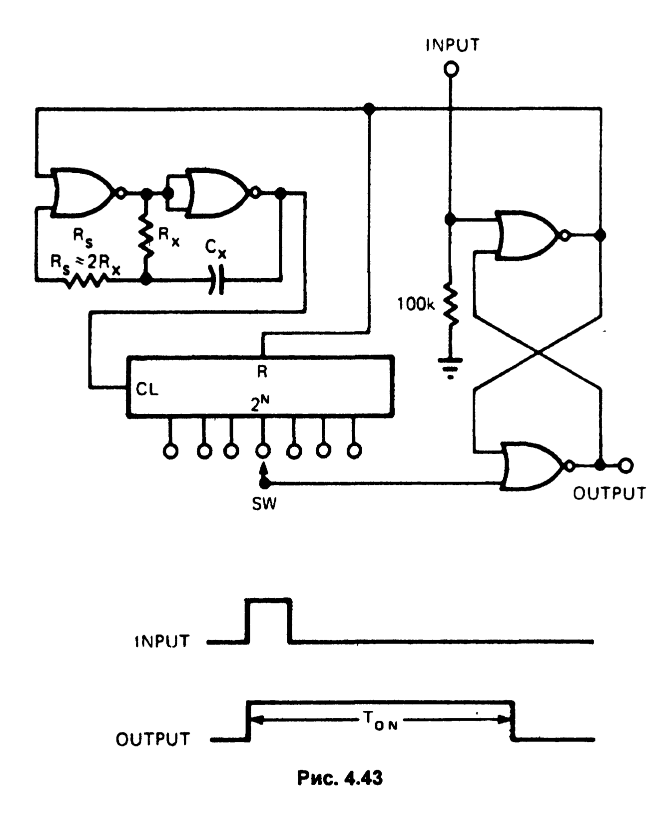


Рис. 4.43

Простая схема на КМОП-микросхемах (рис. 4.43) может служить переключателем с временной задержкой или универсальным таймером. Управляемый генератор и триггер-защелка выполнены на микросхеме CD4001 (четыре логических элемента 2ИЛИ-НЕ) и 14-разрядном счетчике CD4020. Длительность выходного импульса T_{ON} зависит от частоты генератора, определяемой значениями элементов R_X и C_X, а также соответствующим подключением 2^N-выхода счетчика. Импульс на входе защелки запускает генератор и счетчик. Выход с регистра-защелки остается высоким до момента сброса счетчика в конце подсчета, длительность которого может выбираться переключателем SW.

4.44. Схема временной задержки от 0 до 5 мин

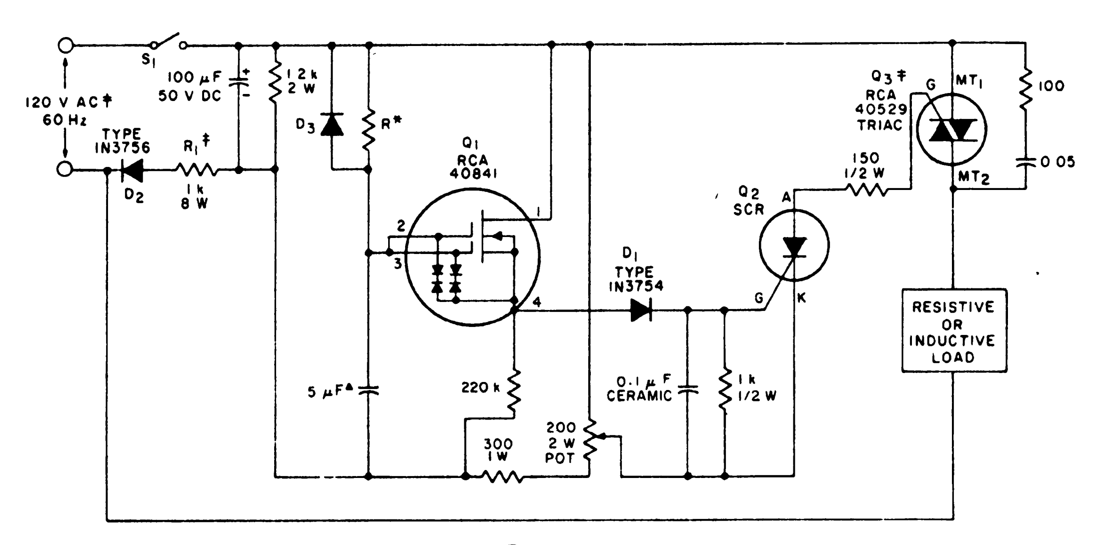


Рис. 4.44

Значение сопротивления резистора R* (рис. 4.44) определяет временную задержку схемы, в которой используется полевой транзистор Q_1 с двумя затворами типа RCA40841. Транзистор применяется для запуска тиристора Q_2, причем тиристор сам служит для запуска симистора MT_1, который может переключать резистивные и индуктивные нагрузки с высокими токами. Максимальная задержка достигается, если резистор R* выбрать на 60 МОм (IRC-Тур CGH или эквивалентное сопротивление). Временные задержки выдерживаются с точностью менее 10 % в диапазоне температур от –25 до +60 °С. Диод D_3 должен быть выбран для напряжения 60 В. Тиристор может использоваться любой, который имеет соответствующий ток запуска и напряжение не менее 60 В.

4.45. Схема задержки от 0 до 10 мин с точностью 1 сек

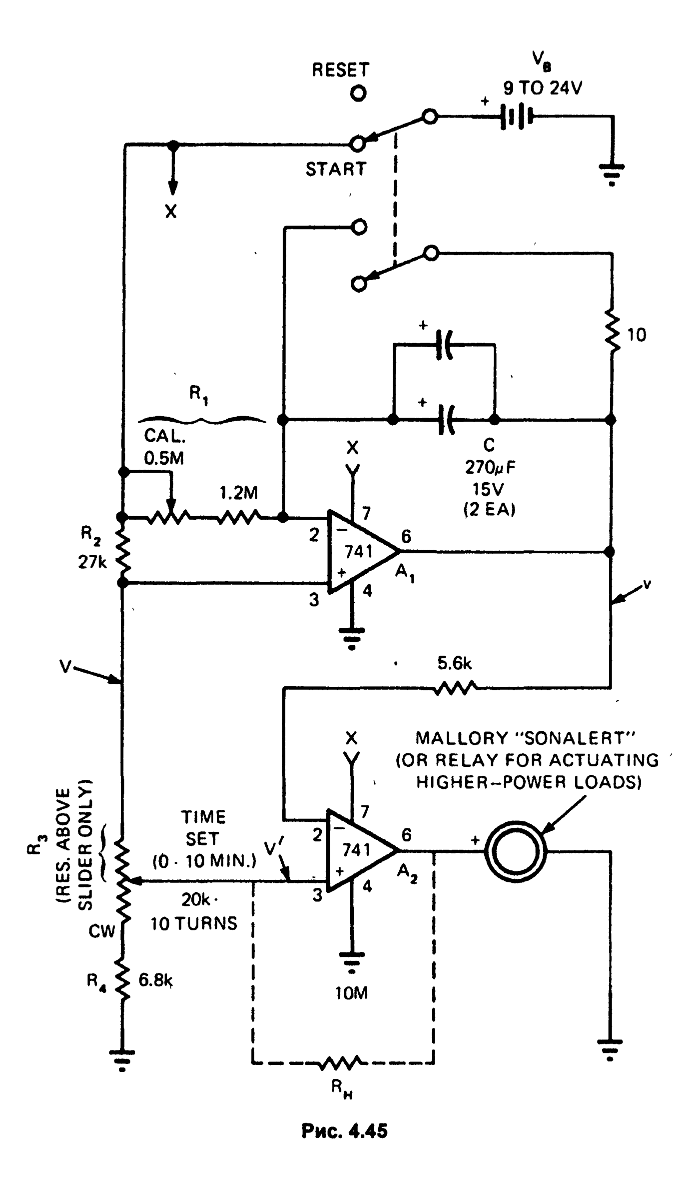


Рис. 4.45

После калибровки схемы (рис. 4.45) точность выдержки временных интервалов не зависит от напряжения батареи питания, поскольку напряжение источника равным образом влияет на напряжение заряда конденсатора C и на пороговое напряжение компаратора A_2. Задержку таймера можно определить по формуле $t = CR_1R_3/R_2$.

4.46. Таймер с большой временной задержкой, использующий небольшую емкость конденсатора

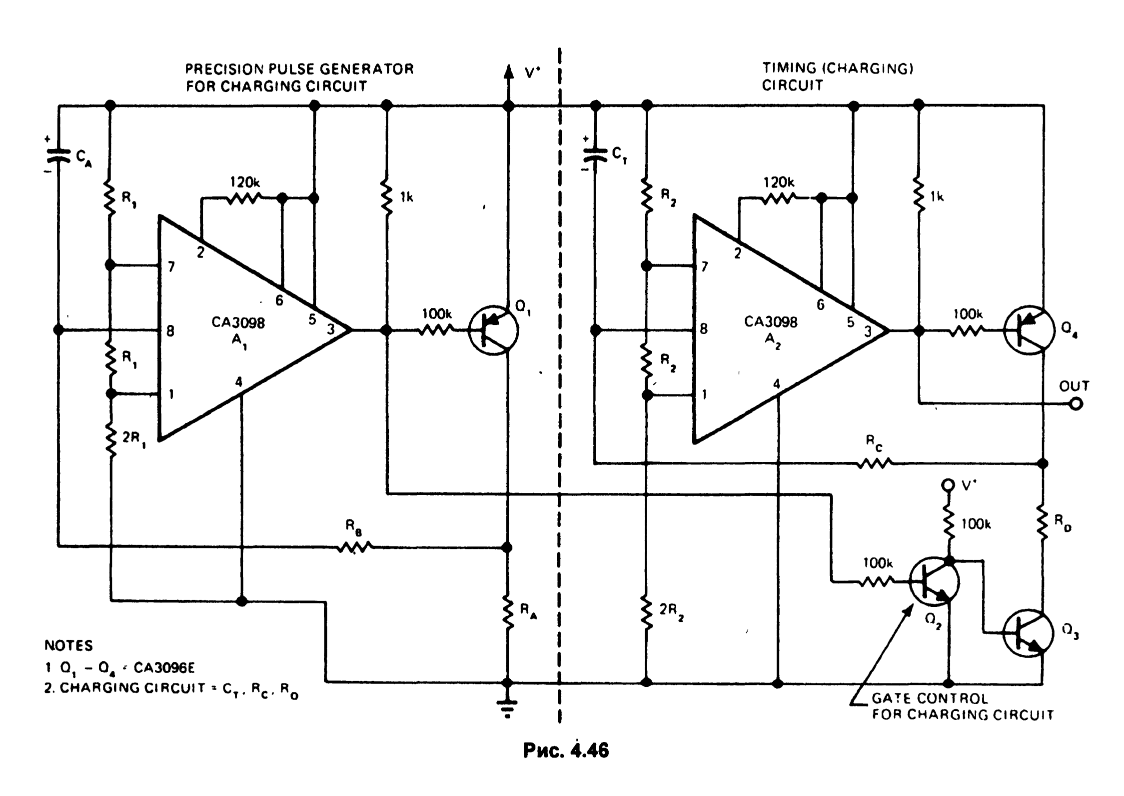


Рис. 4.46

Применение двух детекторов уровня высокой точности при помощи двух входов микросхемы CA3098 (рис. 4.46) устраняет необходимость использования дорогих времязадающих конденсаторов большой емкости с низким током утечки, если необходимы большие задержки длительностью в несколько часов. Для 4-часового таймера номинал конденсатора C_T имеет значение всего лишь 16 мкФ, а сопротивление резистора R_C — 22 МОм и R_D — 100 кОм.

4.47. Схема для определения продолжительности выполнения программы

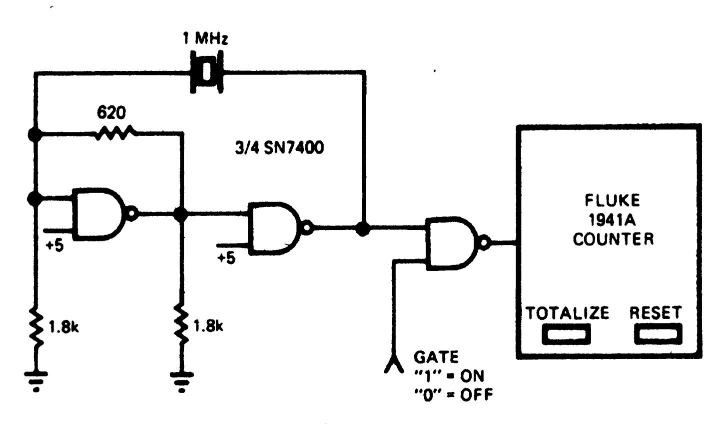


Рис. 4.47

С помощью схемы, представленной на рис. 4.47, измеряется время между 2 точками программы микропроцессора, во время ее выполнения. Кварцевый генератор на 1 МГц на логических элементах обеспечивает тактовыми импульсами счетчик 1941A производства компании Fluke, который используется для подсчета времени. На вход логического элемента 2И-НЕ (GATE) должен подаваться логический сигнал, аналогичный какому-либо неиспользуемому биту выходного порта микропроцессорной системы. Соответствующие команды должны вставляться в испытываемую программу, чтобы счетчик в желаемом месте запускался и снова останавливался в конце. Индикатор, подключенный к счетчику, показывает количество микросекунд, которое потребовалось процессору для выполнения команд программы.

4.48. Бюджетный 1-часовой таймер

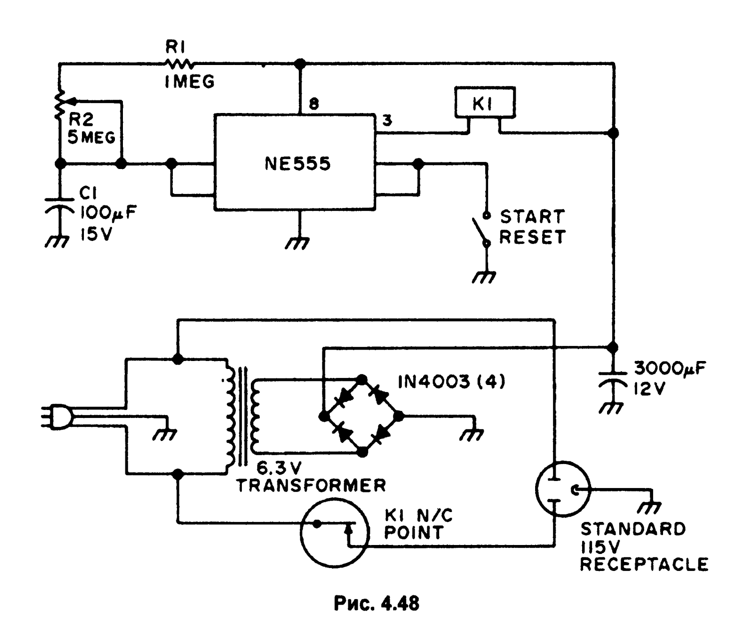


Рис. 4.48

Схема (рис. 4.48) с использованием таймера NE555 предназначена для выключения телевизора или другого устройства после любого желаемого интервала времени до одного часа с момента нажатия на пусковую кнопку "START". В схеме используется реле MR312C производства компании IRC с сопротивлением катушек 212 Ом или какое-либо другое реле на напряжение 12 В с током коммутации около 200 мА. С приведенными на схеме значениями регулируемый резистором R2 диапазон изменения времени простирается от 3 до 58 минут. Для других диапазонов значения резистора R2 и конденсатора C1 должны изменяться. Выводы таймера NE555 на схеме должны быть обозначены по часовой стрелке, начиная сверху, следующим образом: 8, 3, 4, 2, 1, 7 и 6.

4.49. Таймер с 10 интервалами

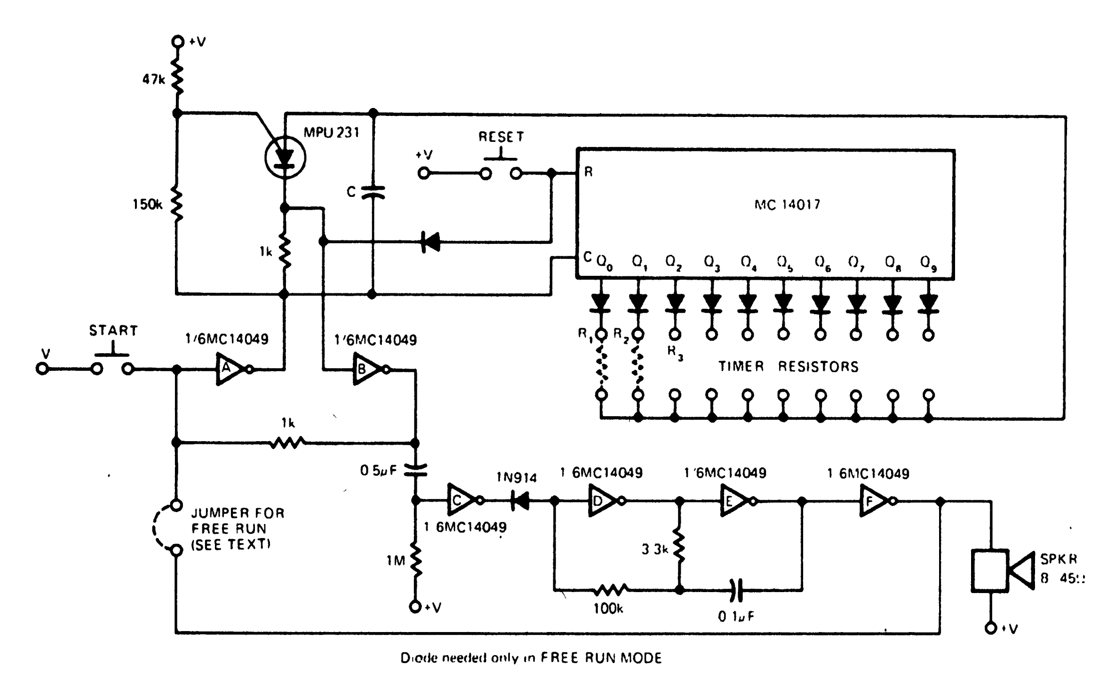


Рис. 4.49

Схема (рис. 4.49) предназначена для формирования десяти предварительно установленных независимых интервалов времени, которые проходят по очереди с подачей звукового сигнала в конце каждого интервала. Таймер останавливается после каждого интервала до тех пор, пока не будет нажата пусковая кнопка "START" для запуска следующего интервала. Если установлена перемычка, показанная на схеме слева внизу, то следующие интервалы времени таймер будет формировать автоматически. Значения сопротивлений резисторов R_1—R_{10} и емкость конденсатора C определяют интервалы времени. Если требуется сформировать интервал времени, который будет больше предварительно установленных, то катоды диодов, подключаемых к резисторам этих ступеней, могут подключаться вместе, чтобы использовать те же самые резисторы. Напряжение питания схемы может находиться в диапазоне от 5 до 18 В, причем потребление тока менее 100 мкА и растет до 40 мА во время подачи звукового сигнала. С помощью кнопки "RESET" (Сброс) в любое нужное время можно запустить таймер с самого первого установленного интервала.

4.50. Схема задержки времени от 2 до 5 мин

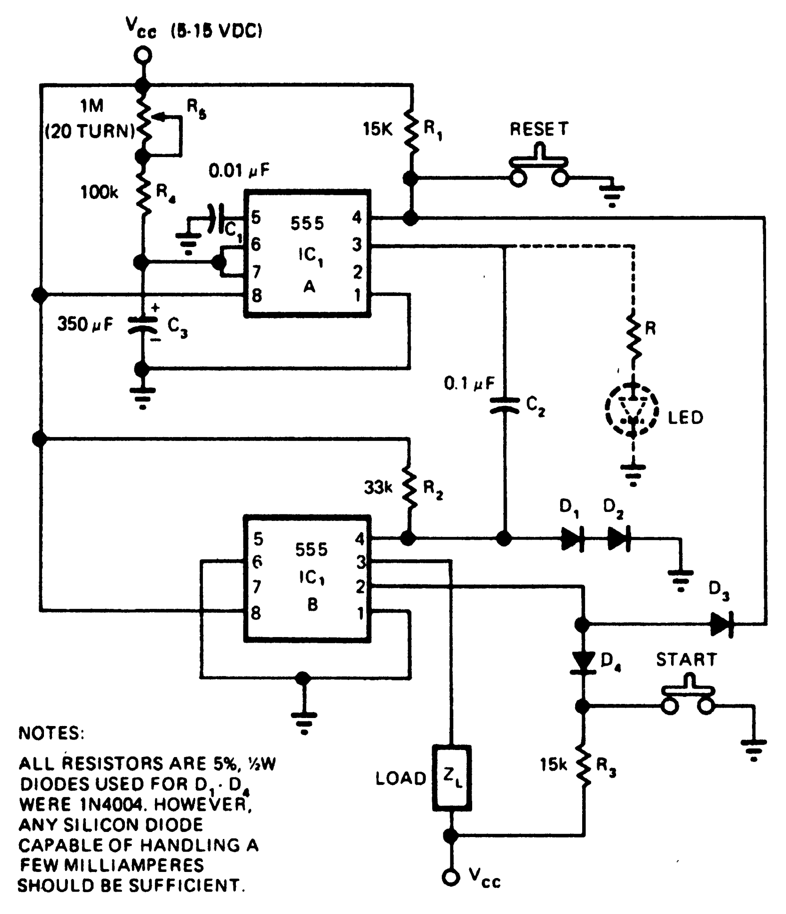


Рис. 4.50

После нажатия на пусковую кнопку "START" (рис. 4.50) нагрузка LOAD включается с задержкой до 5 мин, как это требуется для некоторых CMOS-схем и цифровых систем управления. В схеме используется пара таймеров 555: микросхема A — в простом режиме таймера, а микросхема B — как триггер установки/сброса. Нажатие кнопки "RESET" (Сброс) инициализирует систему, т. е. приводит таймер A в состояние с низким уровнем напряжения на выходе, а вывод 3 таймера B в состояние с высоким уровнем, для того чтобы нагрузка не включалась. Когда пусковая кнопка нажата, выход таймера A переходит на высокий логический уровень и начинается отсчет времени. После окончания временной задержки выход микросхемы B переходит в состояние с низким логическим уровнем и включает нагрузку до момента возврата системы в исходное состояние. Для индикации работы таймера может использоваться светодиод.

4.51. Таймер с установкой времени от 1 до 99 мин с помощью дискового цифрового переключателя

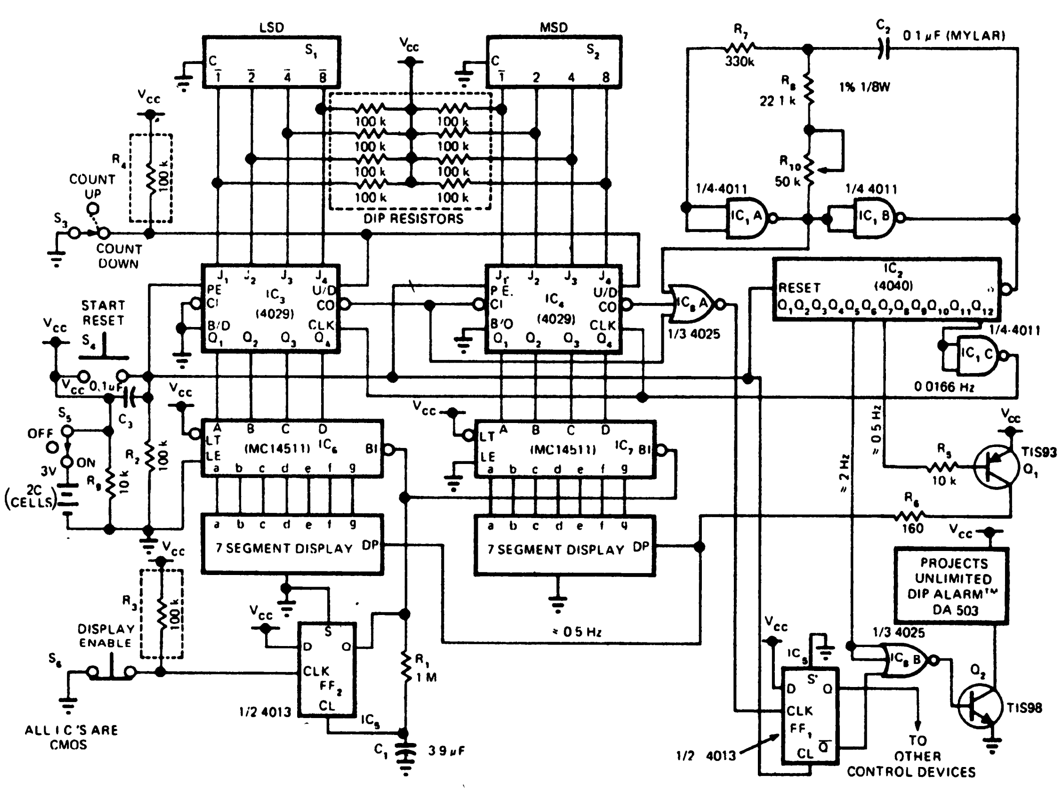


Рис. 4.51

Схема (рис. 4.51) разработана для контролирования времени длительности событий или для начала событий после заданного интервала времени, который может устанавливаться с помощью двух цифровых двоично-десятичных дисковых переключателей. Цифровой отсчет схемы показывает оставшееся время, как, например, напоминание для докладчика. Звуковая сигнализация сообщает об окончании интервала времени, а мигающая десятичная точка указывает, что счетчик работает, Устройство питается от двух миниатюрных элементов питания. Для экономии энергии питания индикация обычно отключается, но нажатием на клавишу дисплея "ENABLE" (Разрешено) можно включить отображение примерно на 4 сек.

4.52. Таймер для сохранения энергии батареи питания

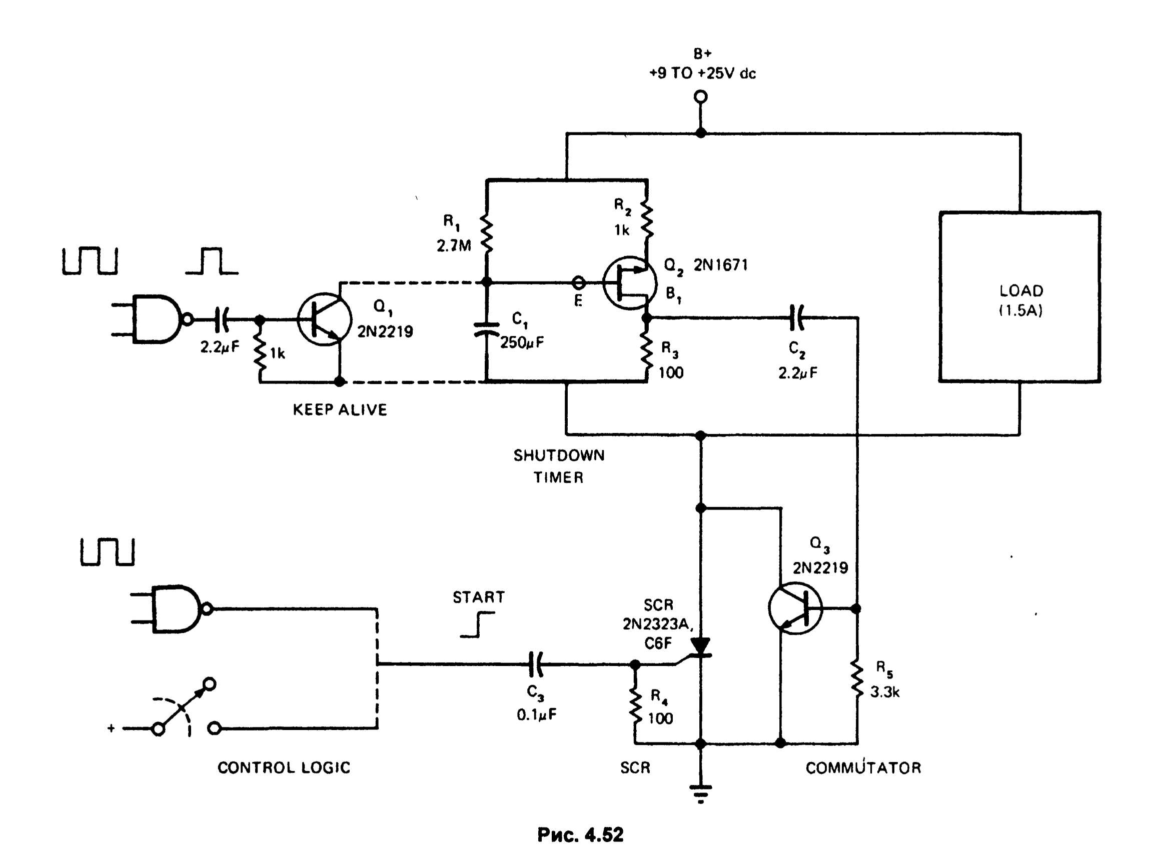


Рис. 4.52

Схема (рис. 4.52) разработана для использования с устройствами для автоматического выключения батареи питания, по окончании предварительно установленного интервала времени. Схема начинает отсчет временной задержки после подачи команды START от переключателя или управляющей логики (CONTROL LOGIC). При включении формируется положительный импульс, который открывает тиристор и подключает нагрузку и однопереходный транзистор Q_2 к общему проводу. После заданного времени задержки, которое определяется значениями емкости конденсатора C_1 и сопротивления резистора R_1, однопереходный транзистор Q_2 открывается, разряжает конденсатор C_1 и формирует импульс на резисторе R_3, открывая транзистор Q_3. Тиристор замыкается накоротко и, таким образом, исключается. Схема потребляет от батареи только очень маленькие токи утечки через тиристор.

4.53. Последовательный таймер для тестирования внешних устройств

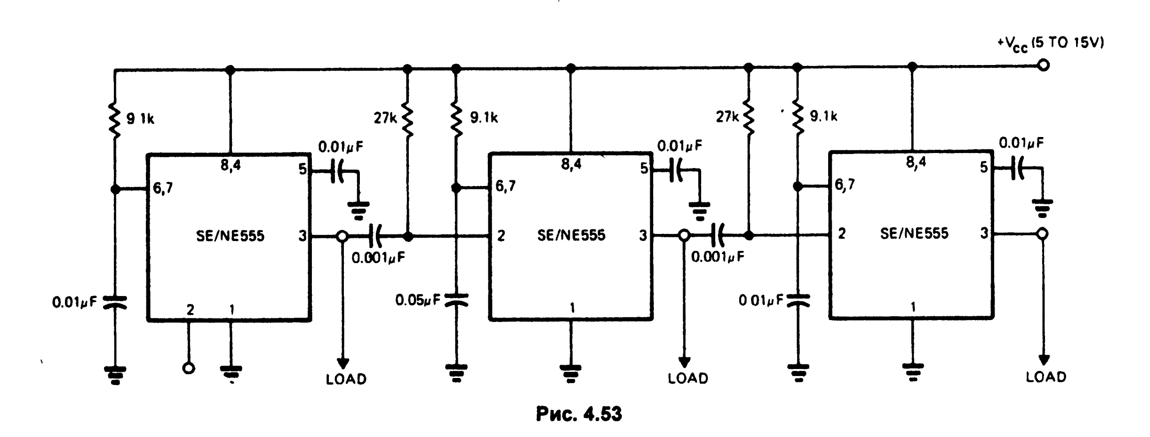


Рис. 4.53

В схеме (рис. 4.53) используются три таймера 555, которые подключены последовательно. С приведенными на схеме значениями первый таймер работает в течение 10 мс после его запуска от импульса, поданного на вывод 2, или же с помощью соединения этого вывода с общим проводом. В конце временного цикла первого таймера запускается второй таймер со временем работы 50 мс, после которого запускается последняя третья схема с задержкой в 10 мс. Каждый таймер управляет своей соответствующей нагрузкой, как это бывает необходимо при проведении последовательных во времени автоматических испытаний.

4.54. Таймер на 10 мин

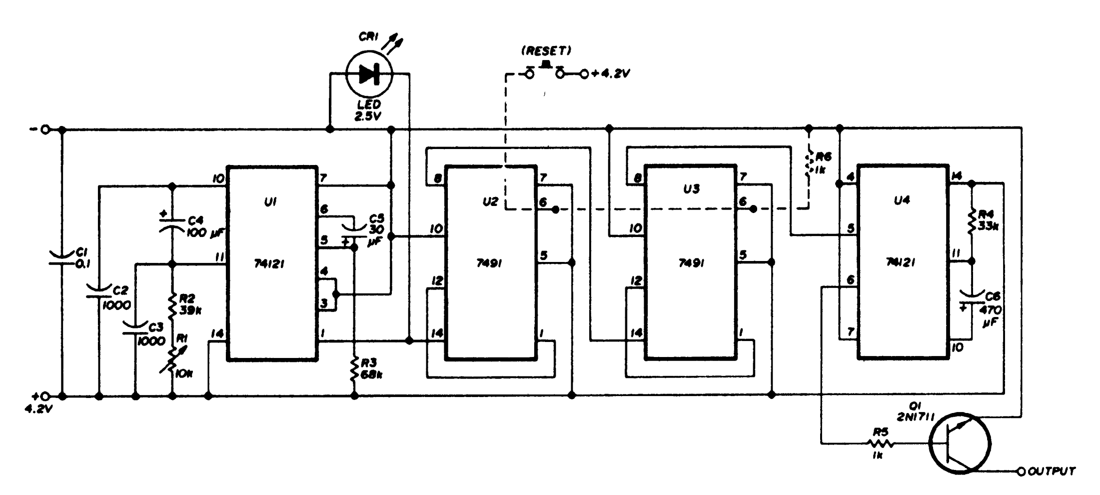


Рис. 4.54

В схеме таймера (рис. 4.54) используется автоколебательный мультивибратор SN74121, который генерирует импульсы с длительностью в 4 сек. Тактовая частота мультивибратора устанавливается резистором R_1. Микросхемы U2 и U3 делят входную частоту мультивибратора на 144, что дает, в итоге, временную задержку в 576 сек. После окончания этой задержки включается микросхема U4, которая формирует на выходе положительные импульсы длительностью в 20 сек и открывает транзистор Q1, который может включать измерительные приборы, лампы или другие сигнальные устройства для напоминания оператору о том, например, что 10-минутная идентификация любительской радиостанции завершена.

4.55. Таймер с индикацией от 1 до 10 сек или от 1 до 10 мин

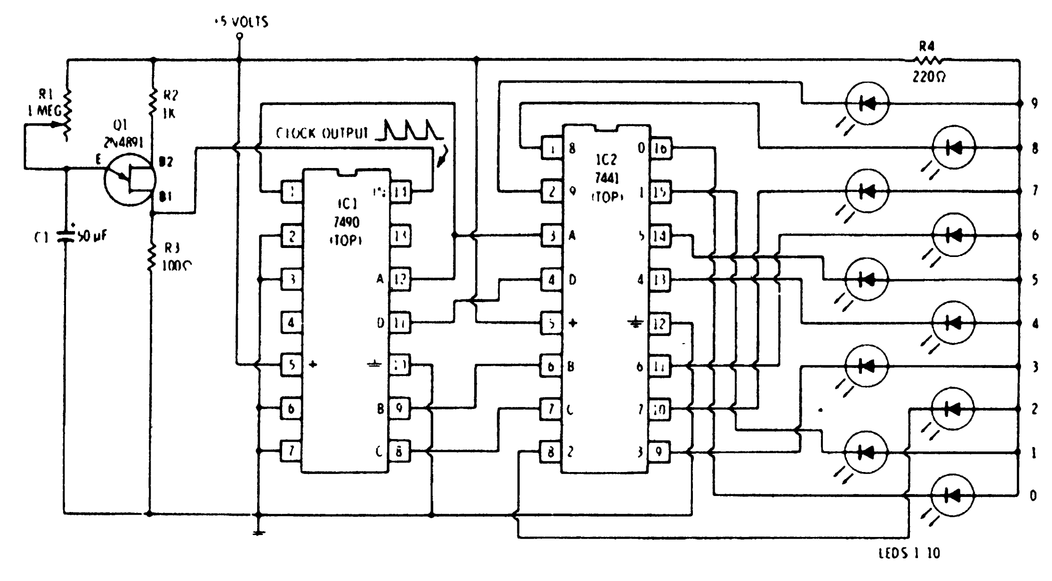


Рис. 4.55

Матрица из 10 светодиодов (рис. 4.55) служит для индикации интервалов времени от 1 до 10 сек или 1 до 10 мин. Схема может использоваться для определения продолжительности телефонных звонков, времени выдержки в фотографии или времени приготовления пищи. Частота импульсов с выхода генератора, выполненного на однопереходном транзисторе Q1, определяется значением конденсатора C1 и величиной сопротивления потенциометра R1. Тактовые импульсы подсчитываются в микросхеме 7490. Четырехразрядный десятичный счетчик 7490 делит входную частоту на 10 и выдает соответствующий двоичный код на выходах счетчика. Дешифратор 7441 преобразует этот двоичный код в десятичный и включает соответствующий светодиод индикатора. Каждый светодиод включается по очереди, согласно состояниям счетчика, который считает входные импульсы от 0 до 9. Для 10-минутного таймера потенциометр R1 должен настраиваться до тех пор, пока первый светодиод не будет светиться точно с интервалом в 1 мин. Для 10 сек таймера потенциометр R1 должен настраиваться так, чтобы длительность включения светодиода была равна 1 сек.

4.56. Таймер с однопереходным транзистором и тиристором

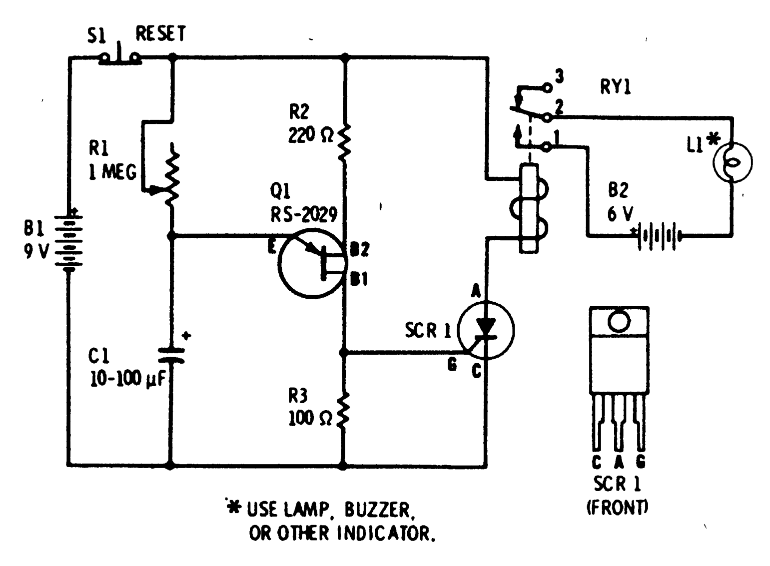


Рис. 4.56

Применение конденсатора C1 различной емкости в простом моностабильном таймере на однопереходном транзисторе (рис. 4.56), который управляет тиристором, переключающим реле, и потенциометра R1 позволяет регулировать время задержки таймера в достаточно широком диапазоне. В схеме может быть применен тиристор 276—1089 производства компании Radio Shack на ток 6 А и напряжение 50 В.

4.57. Безаварийный таймер освещения

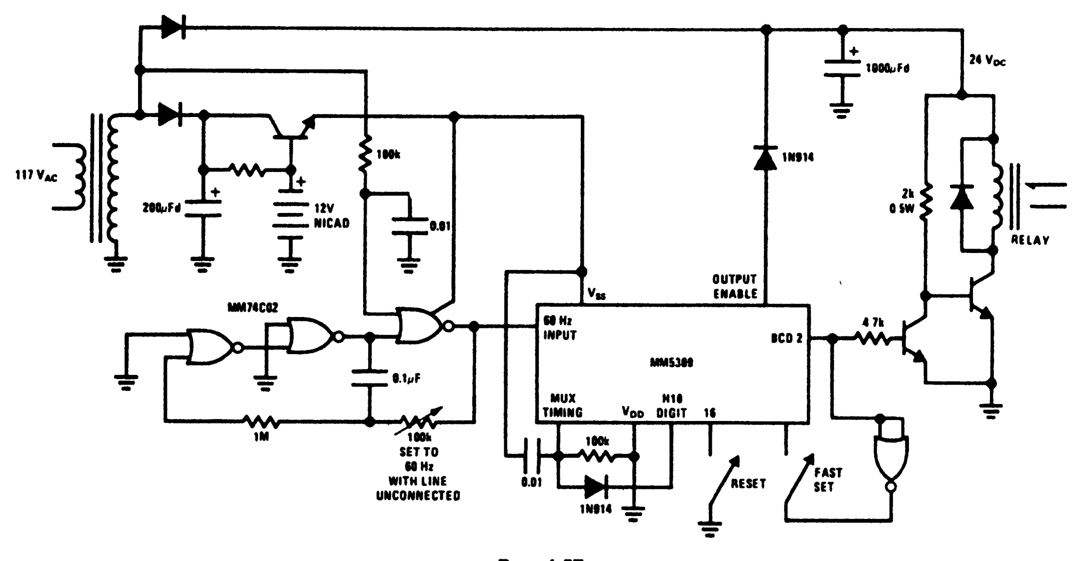


Рис. 4.57

Микросхема MM5309 компании National используется в схеме (рис. 4.57) как таймер. Схема питается от батареи питания напряжением 12 В во время аварии сетевого питания и автоматически возвращается к питанию от сети 60 Гц, как только питание снова восстанавливается. Таймер позволяет включать освещение круглосуточно длительностью до 4 ч.

4.58. 4-часовой таймер, управляющий симистором

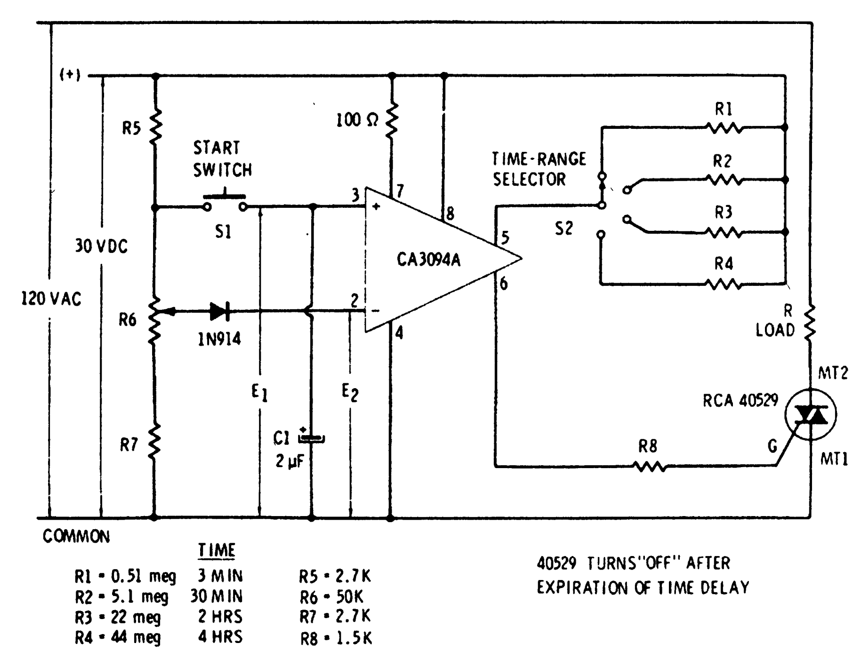


Рис. 4.58

Время, на которое симистор будет включаться после кратковременного нажатия пусковой кнопки "START" (рис. 4.58), определяется значением сопротивления резистора R6. Если переключатель разомкнут, то начинается процесс длительного разряда конденсатора C1. Если напряжение E_1 будет меньше, чем напряжение E_2, то полярность выхода на выводе 6 меняется и симистор переключается. Диод 1N914 ограничивает максимальное напряжение смещения нуля.

4.59. Таймер со временем срабатывания от 3 мин до 4 час

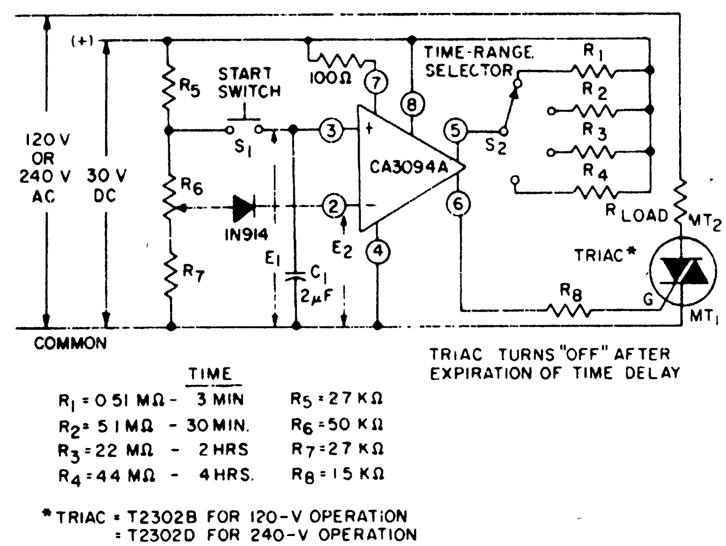


Рис. 4.59

Предварительно настраиваемый аналоговый таймер (рис. 4.59) предоставляет большие интервалы времени разряда конденсатора C_1 за счет внутреннего сопротивления программируемого операционного усилителя CA3094, который обеспечивает достаточный выходной ток для включения тиристоров и других управляющих устройств.

4.60. Моностабильный таймер 555 с длительной задержкой

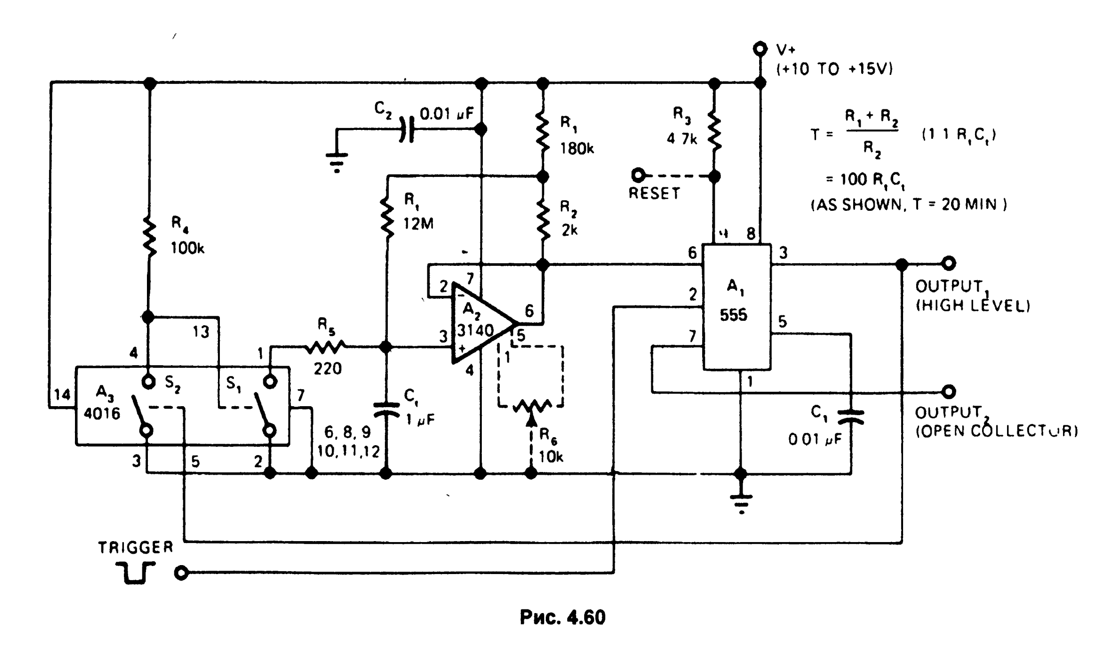


Рис. 4.60

В схеме (рис. 4.60) используется операционный усилитель 3140 с высоким входным сопротивлением для увеличения эффективных значений временных определяющих компонентов R_t и C_t и одновременно для исключения использования высокоомных прецизионных резисторов и больших емкостей с маленьким током утечки. Операционный усилитель работает совместно с таймером 555. Уравнение для определения времени определяется следующим образом: $T = 100 \cdot R_t C_t$ (при условии, что соотношение сопротивлений делителя R_1 и R_2 будет равно 91:1). Таймер 555 имеет в своем составе выход с открытым коллектором (вывод 7). Нагрузка может переключаться при напряжении от 0 до +15 В.

7 Зак. 1033

4.61. Таймер на полевом транзисторе с реле

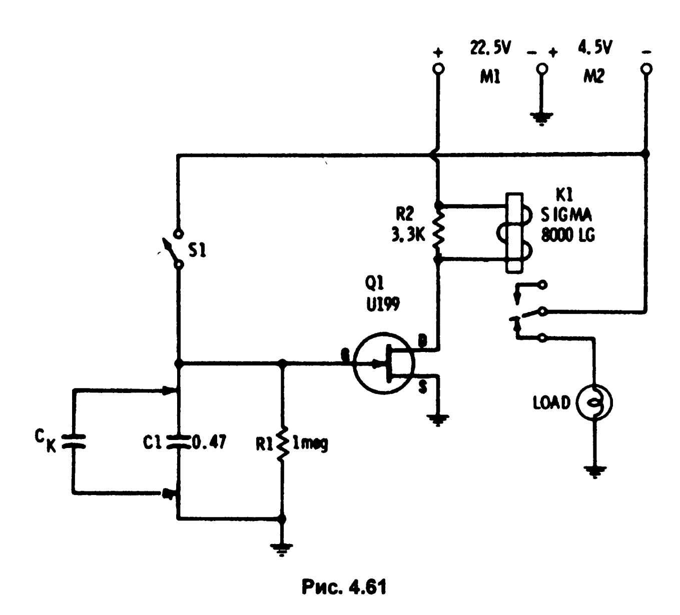


Рис. 4.61

С приведенными значениями схема таймера (рис. 4.61) дает временные задержки в несколько секунд. Емкость конденсатора C1 повышается при параллельном подключении конденсатора емкостью 20 мкФ, это замедляет время срабатывания реле более чем на 1 мин. Конденсатор C1 заряжается при замыкании переключателя S1 на –4,5 В, транзистор закрывается и реле обесточивается. Если переключатель S1 размыкается, начинается разряд конденсатора, который определяется постоянной времени RC-цепи. После уменьшения напряжения на конденсаторе транзистор Q1 открывается и управляющее нагрузкой реле срабатывает.

4.62. Схема со временем задержки более 1 мин

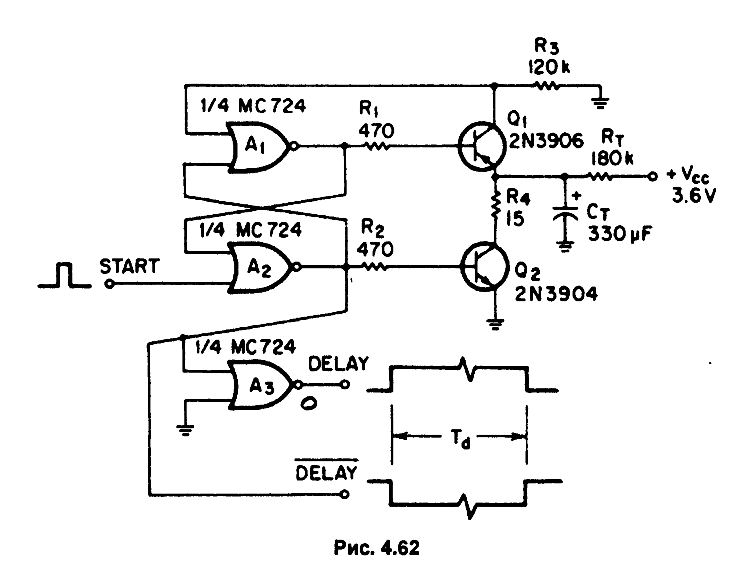


Рис. 4.62

Схема (рис. 4.62) позволяет получать задержки более 1 мин, даже с низкими рабочими напряжениями микросхем. Если подается запускающий импульс "START" к RS-триггеру A_1—A_2, то транзистор Q_2 закрывается. В результате чего конденсатор C_T начинает заряжаться через резистор R_T. Если напряжение на конденсаторе C_T становится достаточно большим, то транзистор Q_1 открывается, триггер возвращается в исходное состояние и завершается период времени задержки. Логический элемент A_3 используется как дополнительный буферный выход.

4.63. Цифровое дистанционное программирование таймера

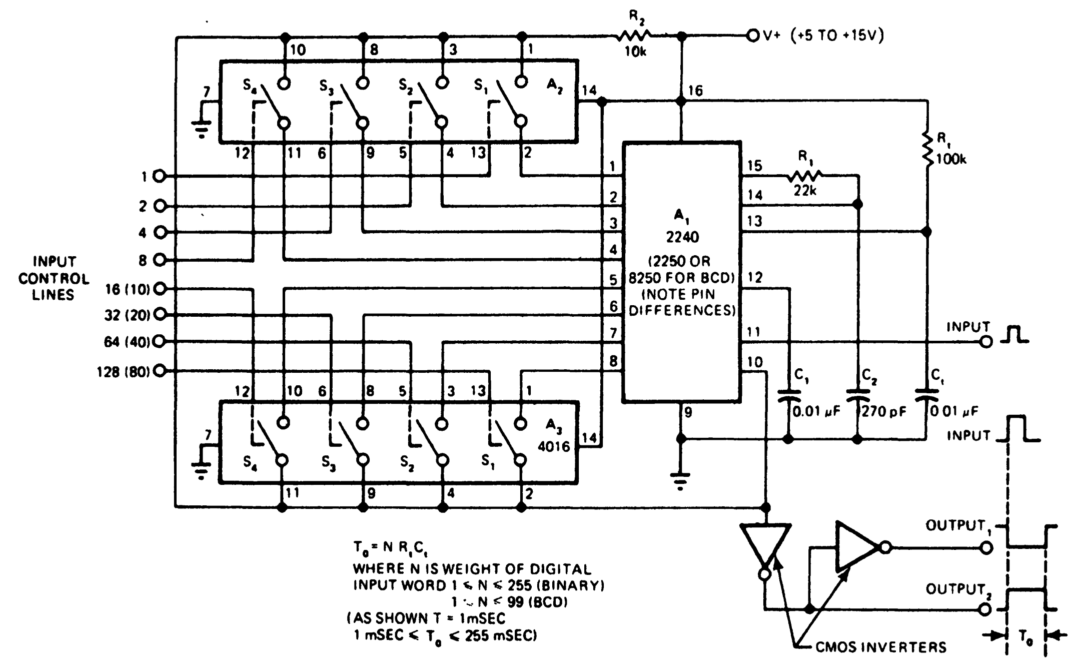


Рис. 4.63

В схеме (рис. 4.63) может использоваться двоичная или двоично-десятичная логика для выбора задержки моностабильного таймера A_1, задержки которого образуют сумму из многократных коротких времен задержки. Время задержки программируется парой аналоговых переключателей 4016 (A_2 и A_3). Данная пара таймера активируется, если соответствующий цифровой вход линии управления устанавливается на высокий логический уровень и деактивируется при низком уровне. Программируемым временным диапазоном являются 1—255 мс для таймера 2240 и 1—99 мс для таймера 2250 или 8250. Основной интервал может изменяться при использовании с другими приложениями. Каскад CMOS-инверторов на выходе позволяет получать допустимые логические уровни. Хотя схема работает в указанном диапазоне напряжения питания, преобразователь оптимален для напряжений 10—15 В.

4.64. 1-минутный таймер на транзисторной сборке

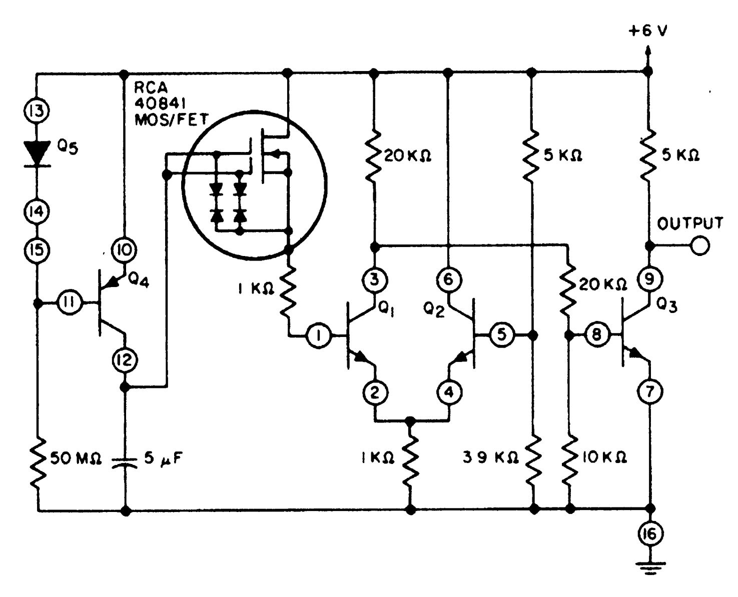


Рис. 4.64

Схема использует пятиэлементную транзисторную сборку CA 3096AE производства фирмы RCA в комбинации с двухзатворным полевым транзистором, чтобы производить функции таймера, которые дают точность в пределах 7 % для изменений напряжения питания от +/–10 %. Транзистор Q5 схемы подключен как диод.

4.65. Схема с двумя независимыми задержками

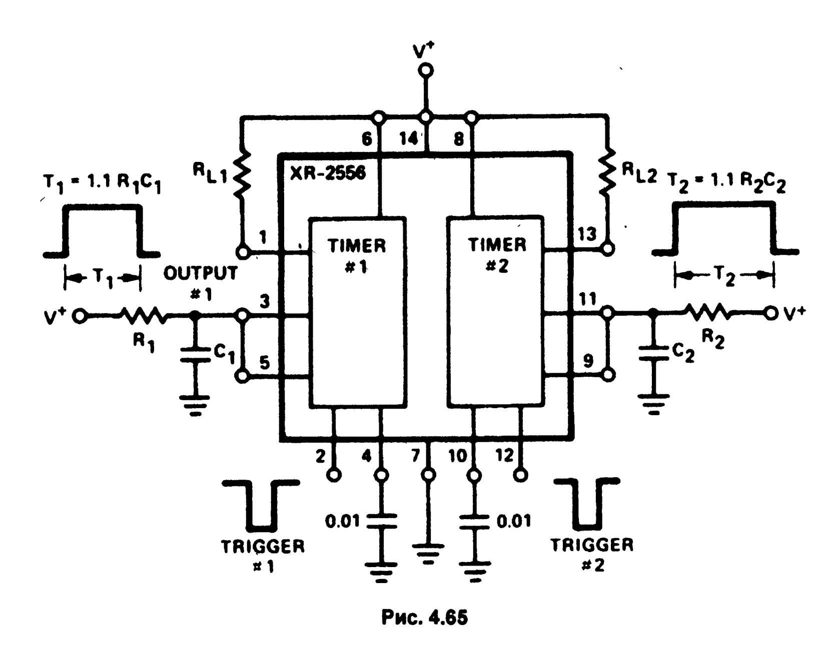


Рис. 4.65

Каждая часть сдвоенного таймера XR-2556 (рис. 4.65) производства фирмы Exar работает независимо в моностабильном режиме мультивибратора при задержках, которые указаны на рис. 4.65 при отображении выходного сигнала. Диапазон напряжения питания простирается от 4,5 до 16 В.

4.66. Таймер с памятью

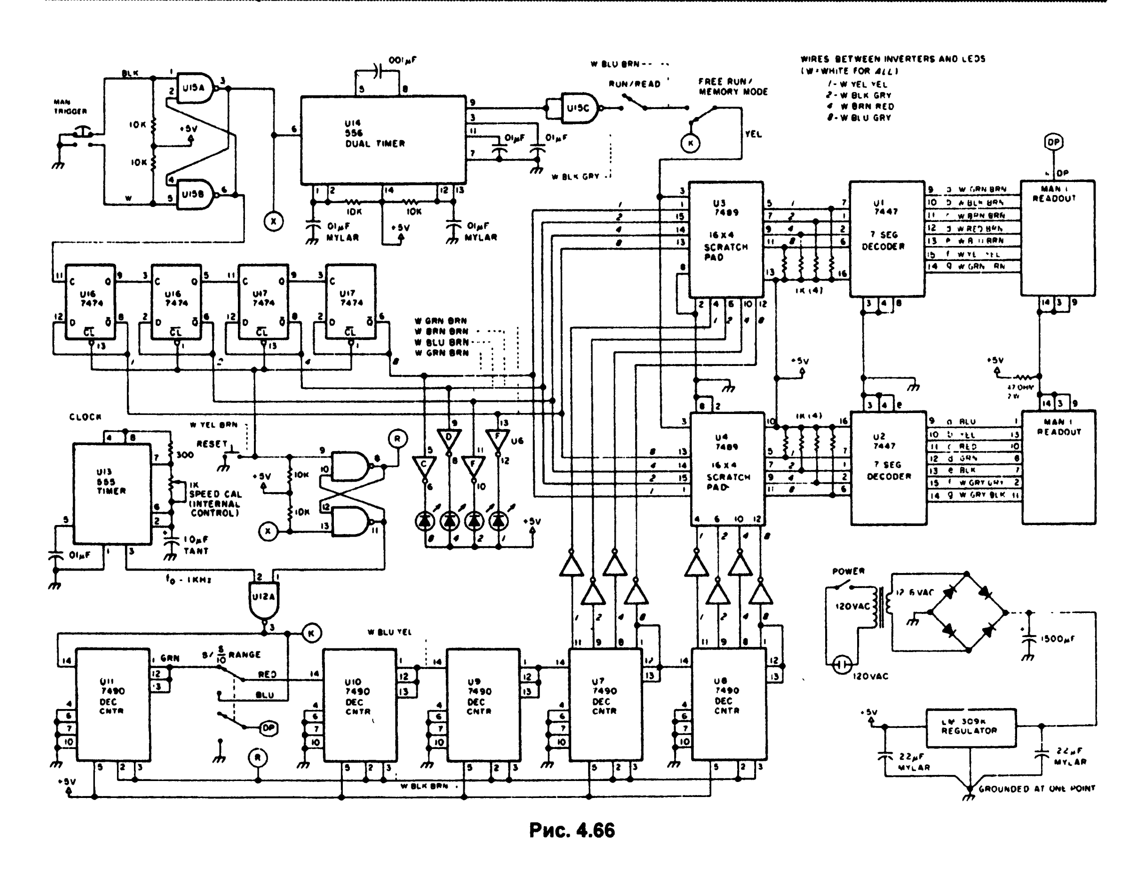


Рис. 4.66

Время, которое прошло с момента запуска схемы (рис. 4.66) в начале события, отражается в двоичном индикаторе MAN-1 в течение секунд или десятых долей секунды и пишется в память. Для дальнейшего просмотра 16 временных событий они могут сохраняться в памяти. В режиме работы секунды и десятые доли секунды при показе пересчитываются. Схема была победителем на ярмарке научных проектов учащихся. Типы логических схем и операционных усилителей некритичны.

4.67. Последовательный трехступенчатый таймер

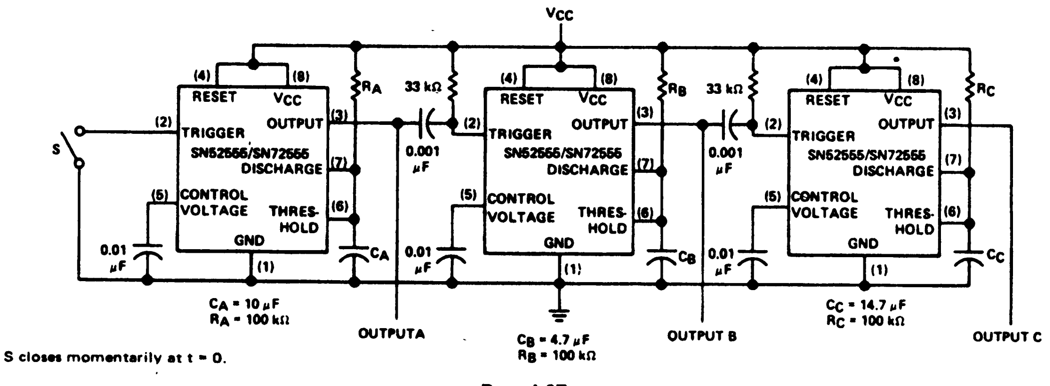


Рис. 4.67

Схема (рис. 4.67) имеет 3 различных выхода с определенными временными интервалами, чтобы выполнять определенные переключения для активации следующих друг за другом тестовых сигналов. В схеме используются 3 таймера SN52555 или SN72555 компании Texas Instruments, которые могут быть заменены другими, например, таймерами типа 555. Значения времязадающего резистора R и конденсатора C определяют задержки (T = 1,1·RC) на выходе каждого таймера. Со значениями, которые представлены на схеме таймера, после замыкания переключателя S на выходе A (OUTPUT A) будет напряжение 5 В продолжительностью 1,1 сек. В конце интервала выход B (OUTPUT B) выдает импульс длительностью 0,5 сек при 5 В, после чего выход C выдает импульс длительностью 1,5 сек при 5 В и заканчивает последовательность. Напряжение питания может быть 5—15 В.

4.68. Цифровой секундомер

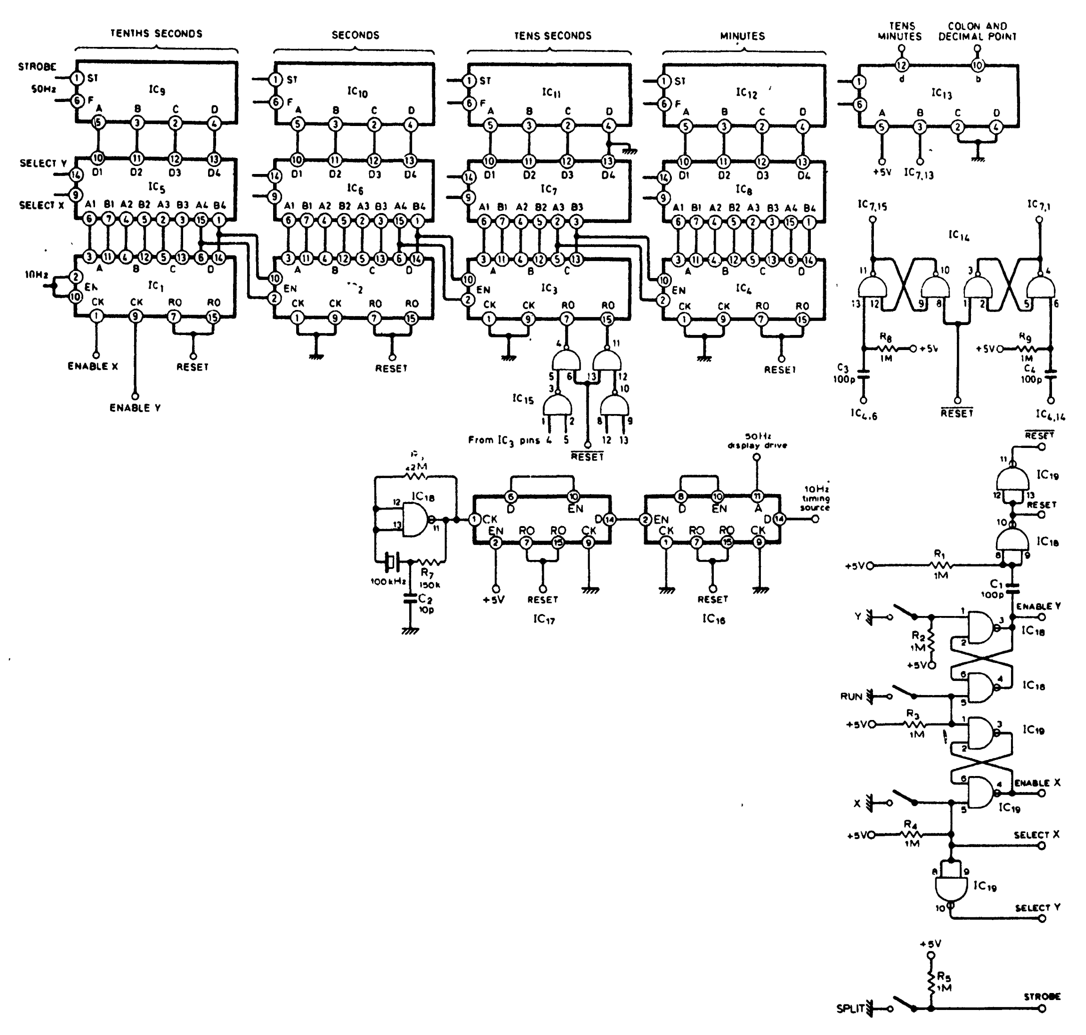
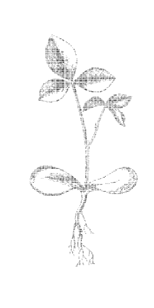


Рис. 4.68

$4^1/_2$-разрядный жидкокристаллический дисплей схемы (рис. 4.68) может отобразить время до 19 мин 59,9 сек. При использовании ртутных батарей с напряжением 5 В время непрерывной эксплуатации устройства может достичь около 600 час. Точность секундомера определяется кварцевым генератором на 100 кГц, выход которого делится в двух десятичных счетчиках до частоты 50 Гц для режима отображения и частоты 10 Гц для сигнала времени. В схеме применяются следующие микросхемы: IC_1, IC_2, IC_3, IC_4, IC_{16}, IC_{17} — CD4518; IC_{5-8} — CD4019; IC_{9-13} — CD4056 и IC_{18-19} — CD4011.



5. Схемы сенсорных выключателей

Глава содержит схемы, которые используют сопротивление поверхностного слоя между 2 площадками, небольшие напряжения тела человека, приложенные к отдельной сенсорной площадке, или реакцию на изменение емкости. Многие схемы предусматривают устранение дребезга контактов.

5.1. Бистабильный сенсорный выключатель

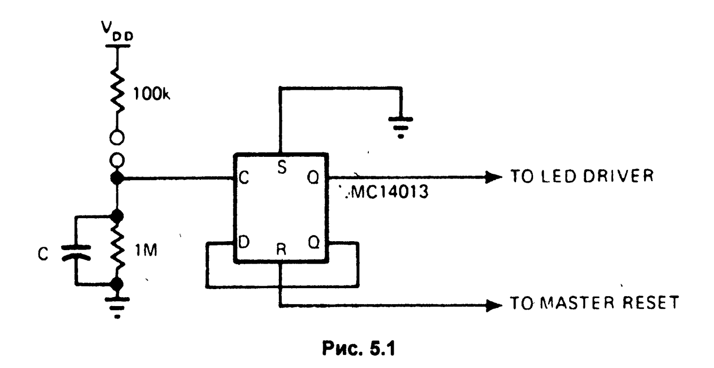


Рис. 5.1

Половина микросхемы MC14013 компании Motorola (рис. 5.1) используется как триггер, который изменяет свое состояние каждый раз при замыкании контактов сопротивлением пальца. Для отображения состояния может добавляться светодиод, управляемый транзистором 2N3903. Возможным недостатком схемы является дребезг, если палец прикладывается не плотно.

5.2. Сенсорный выключатель без дребезга

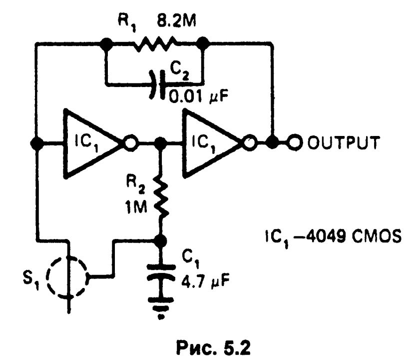


Рис. 5.2

Два КМОП-инвертора микросхемы 4049 с высоким входным сопротивлением (рис. 5.2) работают в цепи с высоким импедансом между электродами сенсорного выключателя S_1. Это необходимо для достижения такой чувствительности, чтобы переключение пальцем смогло вызывать однозначное действие при одновременном минимуме используемых компонентов. В связи с большой постоянной времени R_1C_1-цепи перед новым запуском схемы должно пройти около 4 сек. Конденсатор C_2 предотвращает появление колебаний с частотой 60 Гц при касании электродов.

5.3. Сенсорный переключатель в схеме с регулируемой вероятностью для лотереи

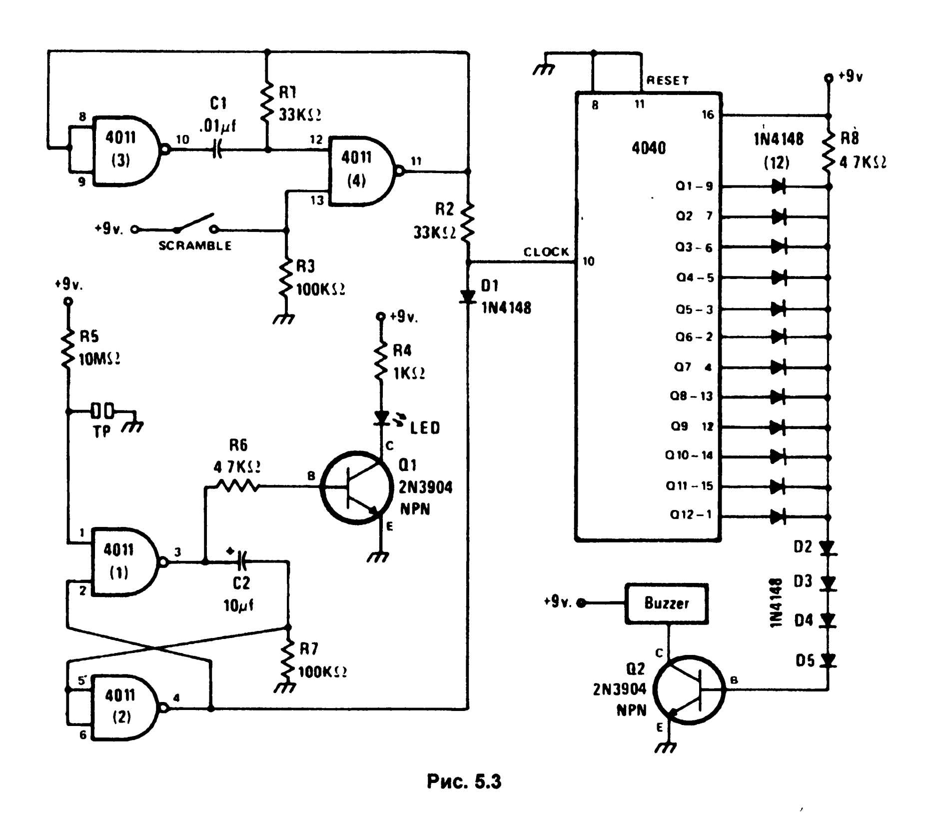


Рис. 5.3

Вероятность появления сигнала, который может использоваться для лотереи, устанавливается диодной матрицей на выходах 12-разрядного счетчика (микросхема 4040), показанного на принципиальной схеме (рис. 5.3). Диапазон изменения вероятности может меняться от 1:2 до 1:1024. Для работы устройства требуется на 1—2 сек замкнуть контакты кнопки "SCRAMBLE" (Перемешать), что приведет к тому, что заработает генератор, и тактовые импульсы высокой частоты будут поступать на вход счетчика. После этого игрок, не отпуская кнопку, должен коснуться контактов сенсора TP для перезапуска триггера, который через некоторое время блокирует подачу тактовых импульсов на счетчик. При остановке счетчика, если код счетчика совпадает с кодом вероятности, установленной с помощью диодов, открывается транзистор Q2 и срабатывает зуммер. Для получения вероятности 50:50 должен применяться диод, только подключенный к выходу Q1 счетчика. Для вероятности 1:10 диоды применяются для счета до 10, что в двоичной системе соответствует 1010. Таким образом, диоды подключают к выходам Q2 и Q4 счетчика. Если применяются все диоды, как это показано на схеме, то шансы равны 1:1024.

5.4. Бистабильный переключатель

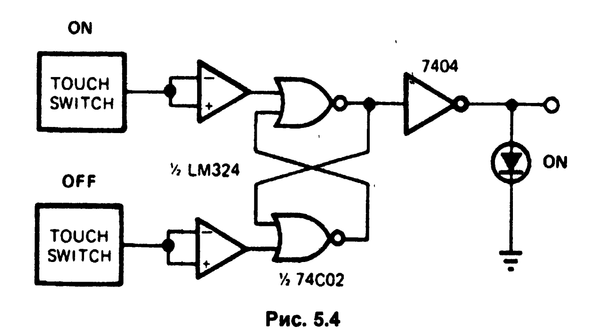


Рис. 5.4

При касании медной площадки "ON" (Вкл) размером 0,5 дюйм^2, расположенной на печатной плате, сигнал на выходе схемы (рис. 5.4) переключается на высокий логический уровень, т. е. включается. При касании другой пластинки "OFF" (Выкл) переключатель меняет свое состояние на противоположное — выключается. Светодиод, включенный между выходом схемы и общим проводом, показывает состояние переключателя. Для безупречной работы схема должна быть запитана от источника постоянного тока.

5.5. Сенсорный выключатель

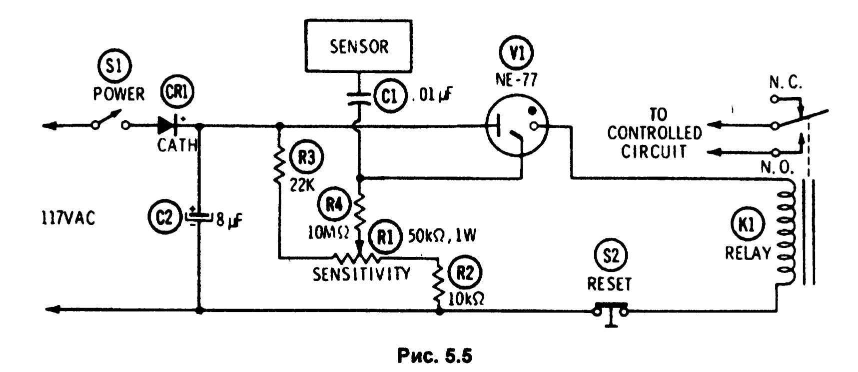


Рис. 5.5

В схеме выключателя (рис. 5.5) используется неоновая лампа NE-77, которая похожа на NE-2, но имеет третий электрод, и используется в качестве триггера. Если человек касается металлической пластинки датчика переключателя "SENSOR", то она передает принятое от тела переменное напряжение на третий управляющий электрод неоновой лампы, способствуя тому, что она зажигается и подключает реле K1 (Potter & Brumfield RS5D или эквивалентное) с сопротивлением 5000 Ом. Реле остается включенным до размыкания контактов переключателя S2 "RESET" (Сброс). После этого схема возвращается в исходное состояние. Резистор R1 "SENSITIVITY" (Чувствительность) должен регулироваться так, чтобы напряжение среднего электрода лампы V1 соответствовало порогу ее срабатывания.

5.6. Сенсорный выключатель на тиристоре

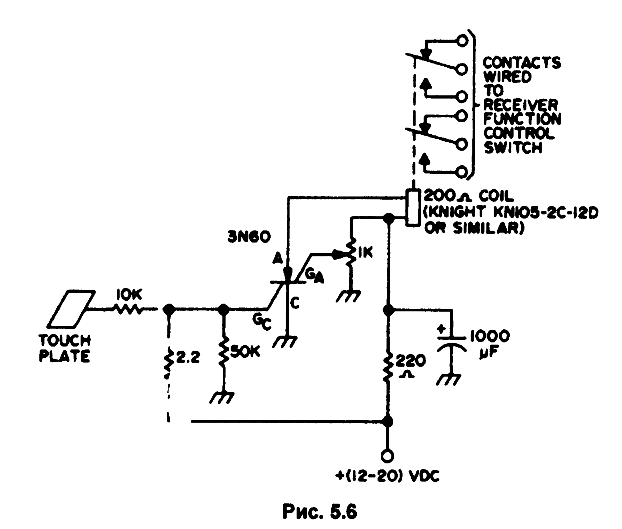


Рис. 5.6

Если тиристор схемы (рис. 5.6) открыт прикосновением пальца к контакту сенсорной площадки (TOUCH PLATE), то срабатывает реле и происходит переключение его контактов. После касания сенсорной площадки реле остается включенным на 5—10 сек, в соответствии с представленными на схеме номиналами элементов. Схема разработана, чтобы заменить переключатель для любительских радиоприемников. Если тиристор был открыт, то он находится в этом состоянии до тех пор, пока заряд на конденсаторе емкостью 1000 мкФ не упадет до напряжения, при котором ток удержания тиристора будет меньше порога его срабатывания.

5.7. Сенсорное устройство ввода данных

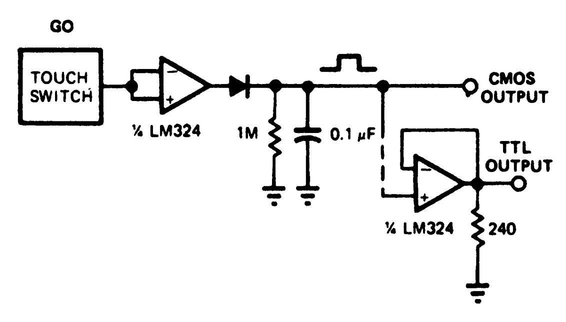


Рис. 5.7

При касании пальцем входной сенсорной кнопки "TOUCH SWITCH" (рис. 5.7) на выходе возникает цифровой сигнал КМОП-уровня. Добавление операционного усилителя LM324 дает возможность получения сигнала и ТТЛ-уровня. В качестве сенсорной кнопки можно использовать или медную площадку 0,5 дюйм^2, выполненную на печатной плате, или же вкрученный винт с соответствующей площадкой. Для безупречной работы устройства схема должна быть запитана от источника постоянного тока.

5.8. Сенсорный выключатель на полевом транзисторе и реле

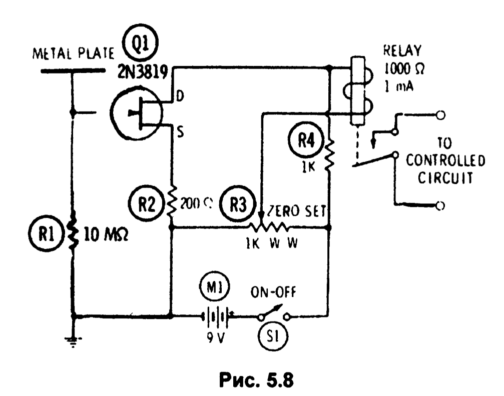


Рис. 5.8

Если происходит устойчивое касание пальцем диска из листового металла или фольги с диаметром 2 дюйма, то схема переключателя на полевом транзисторе (рис. 5.8) срабатывает от статического электричества, накопленного на теле человека. На резисторе сопротивлением 10 МОм возникают достаточно большие помехи, что позволяет току стока увеличиваться примерно на 1,7 мА и втягивать катушку реле. Замедления отключения реле можно достичь, если параллельно к катушке реле подключить конденсатор. Задержка будет составлять примерно 0,8 сек при использовании конденсатора емкостью 1000 мкФ.

5.9. Сенсорный выключатель с памятью

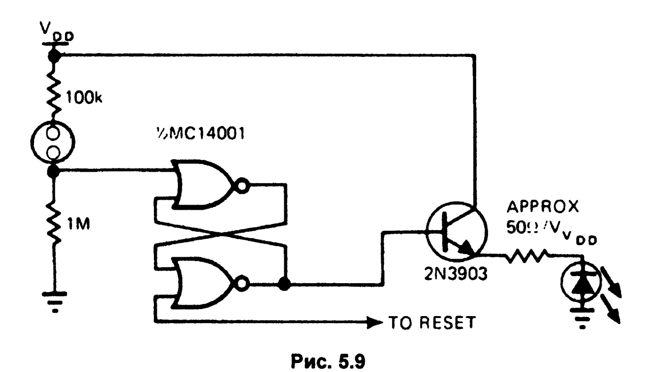


Рис. 5.9

Светодиод схемы выключателя (рис. 5.9) используется как индикатор состояния включения вместо тактильного (осязательного) восприятия при нажатии обычного микропереключателя. В состоянии "RESET" (Сброс) светодиод выключен. Когда сенсорные контакты замыкаются сопротивлением пальца, триггер изменяет свое состояние, открывается транзистор и светодиод включается.

5.10. Сенсорный переключатель для управления логическими схемами

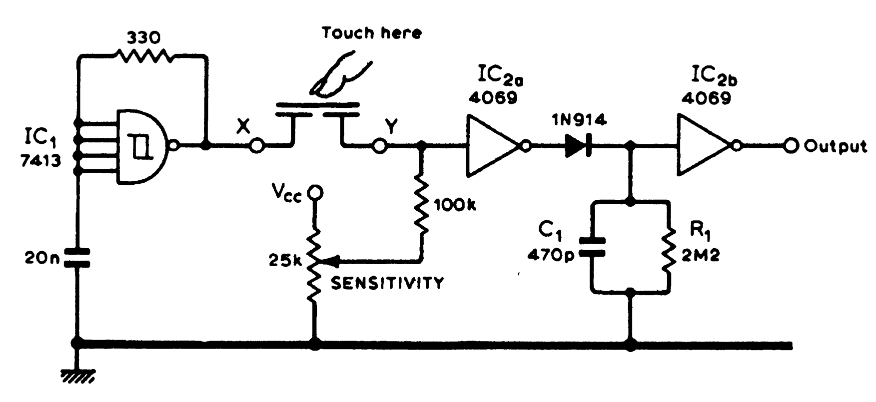


Рис. 5.10

Схема (рис. 5.10) может использоваться для подключения к схемам с питанием от батареи, т. к. сенсорные КМОП-переключатели не чувствительны к улавливанию пульсаций переменного тока человеческого тела. Триггер Шмитта микросхемы IC_1 образует генератор с частотой 100 кГц. Микросхема IC_{2a} усиливает выход генератора и заряжает конденсатор C_1 через диод. При касании датчика выход генератора сильно ослабляется и это содействует тому, что конденсатор C_1 разряжается и, вместе с тем, изменяется исходное состояние детектора уровня IC_{2b}. Датчик схемы представляет собой медную площадку размером 1 дюйм^2, выполненную на двусторонней печатной плате, причем нижняя площадка разделена на 2 одинаковые по размеру части.

5.11. Бесконтактный переключатель

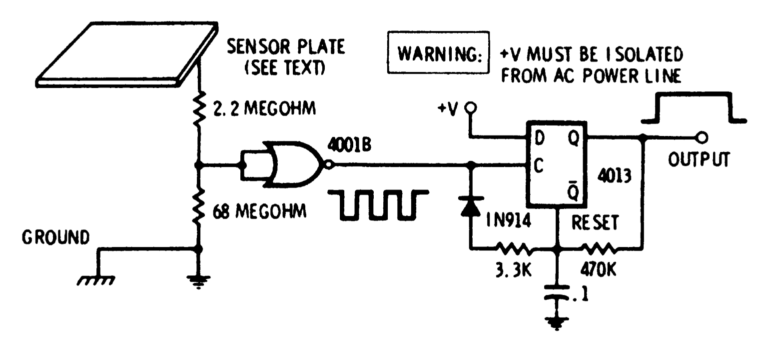


Рис. 5.11

Если руку проводят вблизи сенсорной пластины бесконтактного переключателя (рис. 5.11), то пульсации с частотой сети 60 Гц наводятся на входе логического элемента ИЛИ-НЕ. Пульсации логической схемой превращаются в прямоугольные импульсы, которые используются для запуска одновибратора на микросхеме 4013. Выход Q микросхемы имеет высокий логический уровень с момента первого приближения руки вплоть до нескольких миллисекунд после удаления руки. Чувствительность схемы зависит от величины металлической пластины и от возможных сигналов сбоя от других источников помех поблизости.

5.12. Сенсорный пульт управления игрой

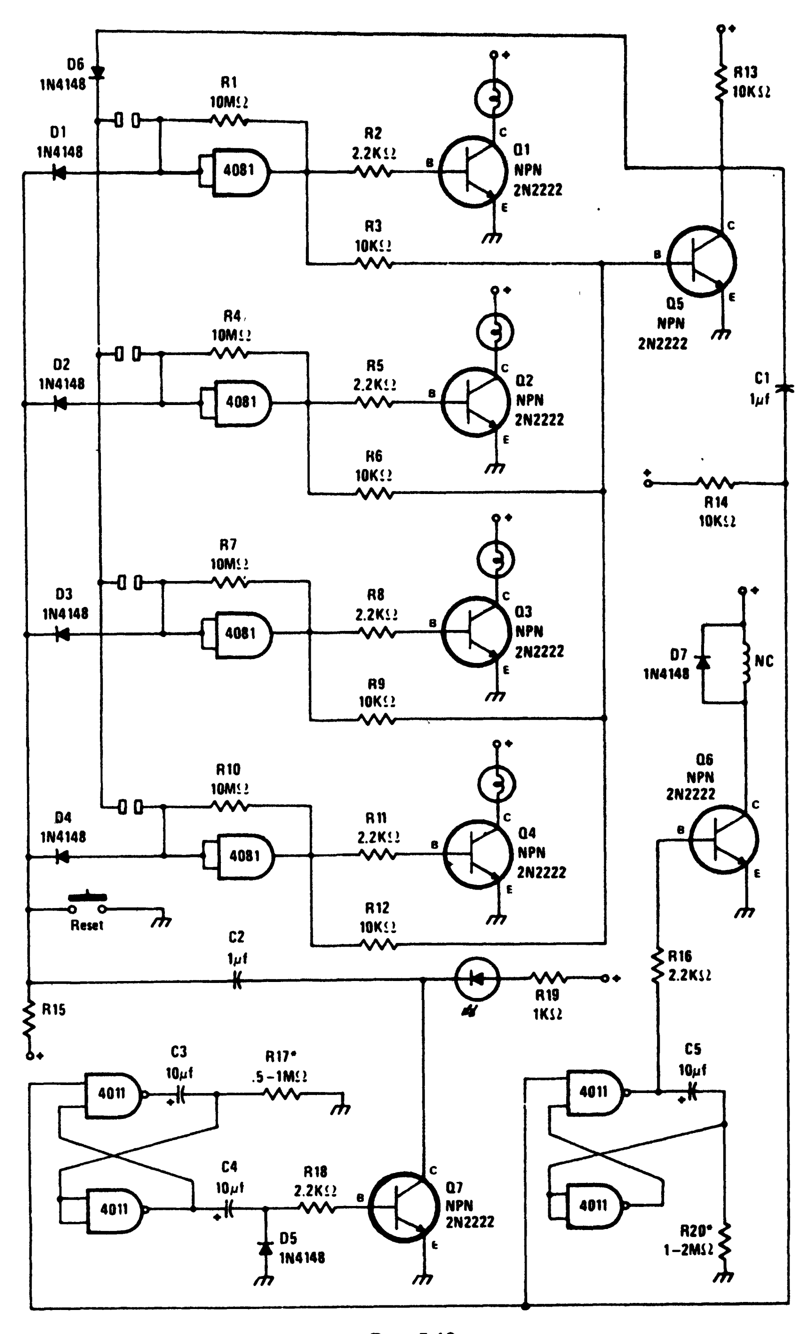


Рис. 5.12

Схема пульта управления (рис. 5.12) разработана для использования в игре, в которой первый участник, определивший звучащую песню, помещает свой палец на сенсорное поле и включает соответствующую для этого игрока лампу. Это действие останавливает кассетный проигрыватель и временно блокирует сенсорные площадки других участников. По истечении 5 сек блокировка отменяется и, таким образом, другие игроки получают возможность дать свой ответ, если первый был ошибочен. После следующих 5 сек задержки реле отключается, и музыка продолжается. Кроме того, в схеме имеется дополнительная кнопка сброса "Reset", чтобы реактивировать все сенсорные площадки. Для питания схемы и ламп необходим источник с напряжением 12 В.

5.13. Сенсорная игра "Орел-решка"

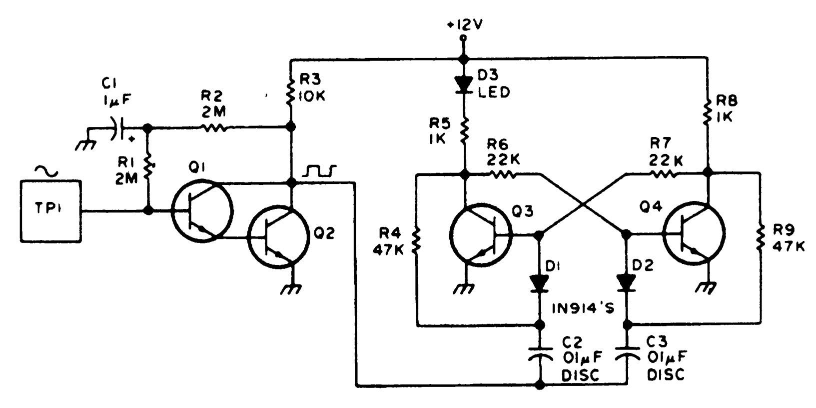


Рис. 5.13

Прикосновение пальца к сенсорной площадке TP1 (рис. 5.13) позволяет получить сигнал с формой близкой к синусоиде частотой 60 Гц (возникающий из-за емкости тела) на входе усилителя (пара Дарлингтона на транзисторах Q1—Q2), который формирует из него прямоугольные импульсы. Эти импульсы, поступая на вход триггера, собранного на транзисторах Q3—Q4, меняют его состояние. Светодиод будет светиться только при открытом транзисторе Q3. Если палец отнимается от сенсорной площадки, то включение или выключение светодиода будет случайным. Игроки могут пытаться попеременно получать одинаковые результаты, играя в игру "Орел-решка". Для более быстрого темпа игры схема может дублироваться, чтобы каждый игрок имел свое собственное сенсорное устройство. Поскольку схема не критична, то в ней могут использоваться практически любые транзисторы.

5.14. Сенсорный выключатель с использованием таймера

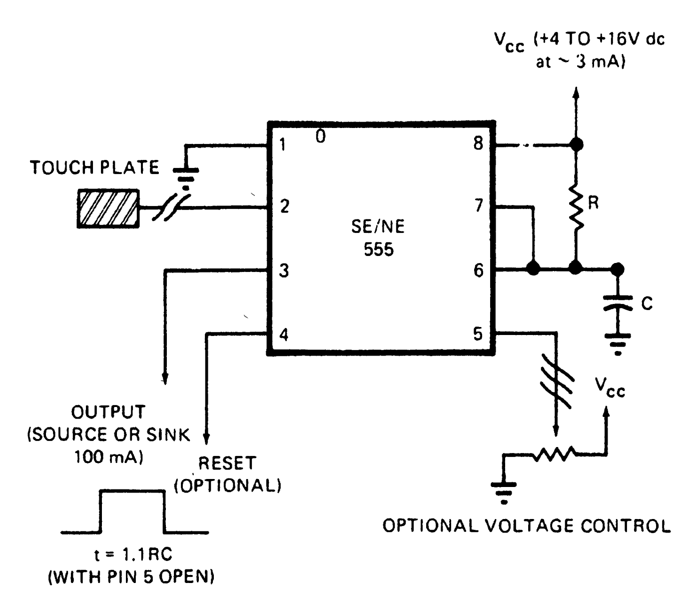


Рис. 5.14

Таймер 555 компании Signetics (рис. 5.14) может управляться с входа запуска триггера (вывод 2) и входа сброса (вывод 4). Временные параметры выходного импульса устанавливаются в диапазоне от микросекунд до часов. При питании от источника постоянного тока с напряжением 5 В выходной сигнал совместим с ТТЛ-логикой. Схема потребляет только 3 мА, что допускает питание от батарей. Устройство может легко перезапускаться даже от разности напряжений между незаземленным человеческим телом и таймером. Сенсорная площадка изготавливается из проводящего материала, величина которой не критична. Запущенная однократно схема с помощью легкого прикосновения не может быть перезапущена в течение всего срока формирования импульса, причем его длительность на выходе зависит от постоянной времени RC-цепи и отпирающего напряжения. Хорошая помехозащищенность и отсутствие дребезга устройства позволяет применять его в сенсорных клавиатурах.

5.15. Схема управления аналоговыми коммутаторами

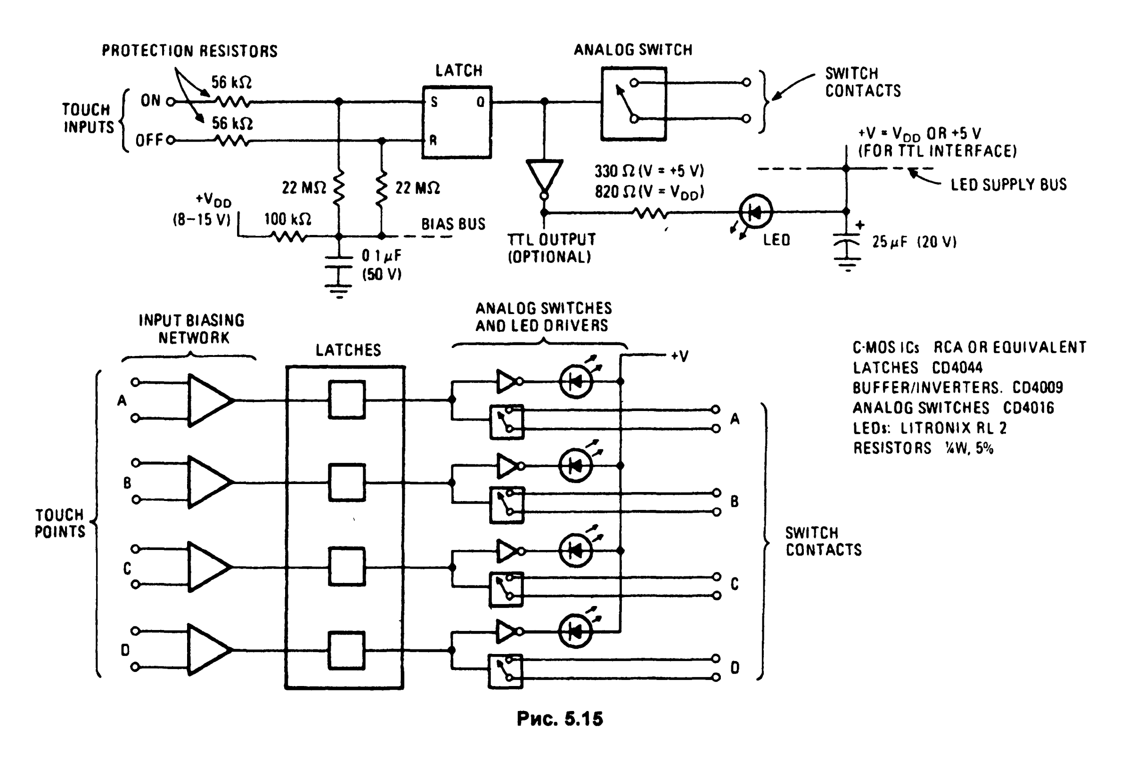


Рис. 5.15

КМОП-логика позволяет построить противодребезговую схему управления аналоговыми коммутаторами на КМОП-микросхемах CD4016. Представленная схема (рис. 5.15) имеет четыре однотипных канала сенсорных выключателей. Сенсоры могут быть металлическими квадратной или круглой формы с размером до 2 см. Если схема применяется в местах, где сетевые провода или другие источники электромагнитных полей отсутствуют, то может потребоваться еще один, подключенный к общему проводу контакт для каждого сенсора, для гарантированного надежного запуска даже при малых электрических токах между контактами при их замыкании.

5.16. Сенсорная кнопка

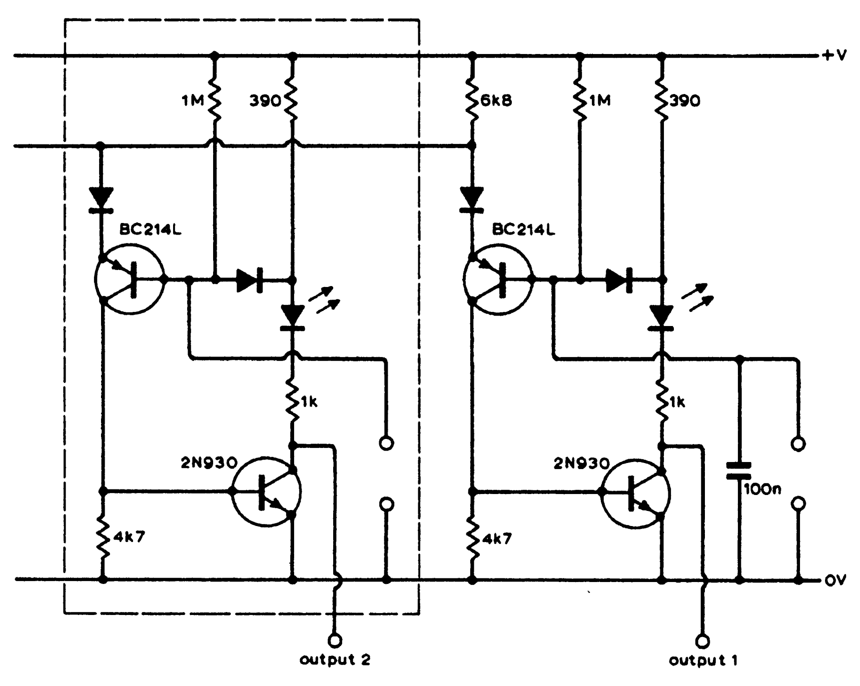


Рис. 5.16

Схема (рис. 5.16) основана на определении сопротивления между 2 контактами в каждом сенсорном выключателе. Контакт, который подключен к общему проводу с напряжением 0 В, — это, как правило, металлическая передняя панель управления. При необходимости использования переключателя с несколькими сенсорными кнопками может подключаться любое количество аналогичных подсхем, показанных на схеме штриховой линией. Когда напряжение питания будет подано, определенная кнопка будет всегда включена. Светодиоды схемы показывают активизированную кнопку. В схеме может применяться любой светодиод с током 20 мА. Выходы могут быть использованы для подключения аналоговых переключателей на полевых транзисторах или реле.

5.17. Реле, управляемое касанием

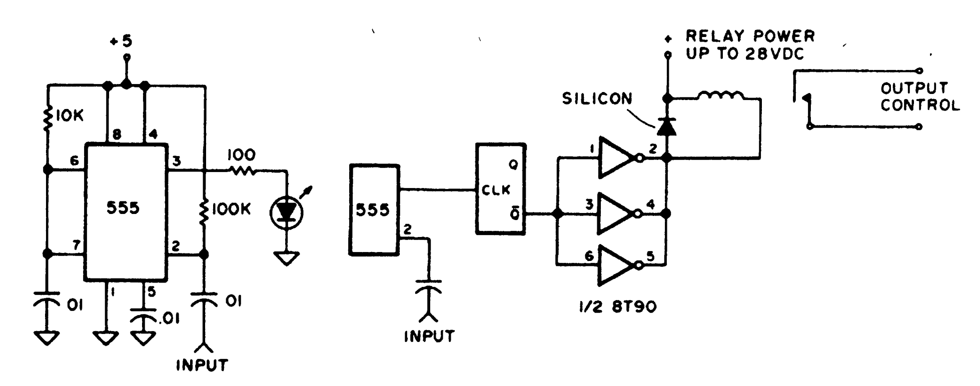


Рис. 5.17

Основная схема сенсорного управления использует таймер 555 производства Signetics (рис. 5.17), который включает светодиод каждый раз, когда касаются пальцем входа "INPUT". Если вместо светодиода подключить триггер какого-либо типа и добавить 3 мощных цифровых инвертора 8Т90, то можно будет управлять реле. Кремниевый диод подавляет броски напряжения, которые появляются при включении и выключении реле. При параллельном подключении мощных инверторов надо учитывать, что их количество следует выбрать таким, которое необходимо для нормальной работы применяемого реле. Сенсор на входе схемы может быть изготовлен из латунной или медной пластины площадью минимум 2 дюйма^2.

5.18. Схема сенсорного управления настройкой ЧМ-приемника

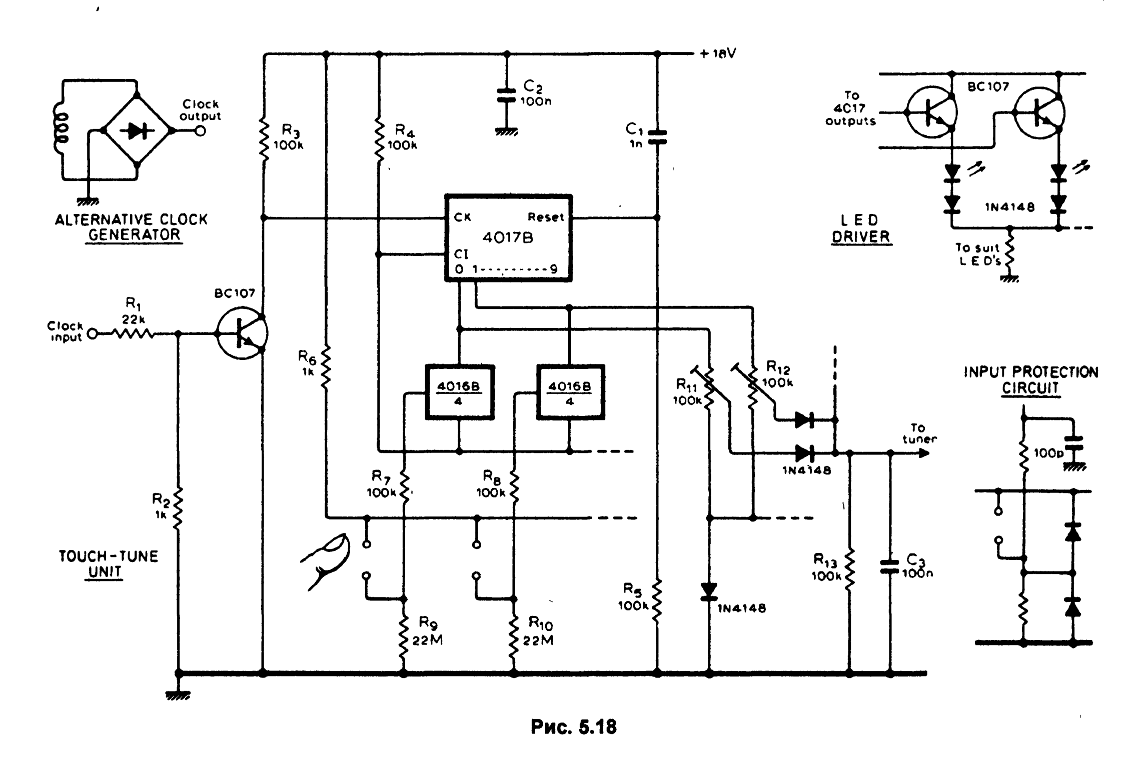


Рис. 5.18

Схема (рис. 5.18) позволяет выбирать до 10 предварительно настроенных станций ЧМ-приемника. В то время как один из двунаправленных ключей цифровой CMOS-микросхемы 4016 включается после контакта пальца с соответствующим сенсором, микросхема 4017B считает импульсы тактовой частоты (Clock) до тех пор, пока выбранный ключом выход не перейдет в состояние высокого логического уровня. Конденсатор C_1 и резистор R_5 обеспечивают выбор нулевого канала при первоначальном включении устройства. Тактовая частота, подаваемая на вход "Clock input", не критична и может находиться в диапазоне от 100 Гц до 19 кГц. Для тактовой частоты 120 Гц требуется добавить несколько дополнительных витков на сетевом трансформаторе и полученное напряжение подать на выпрямительный мост.

5.19. Схема автоматического выключения

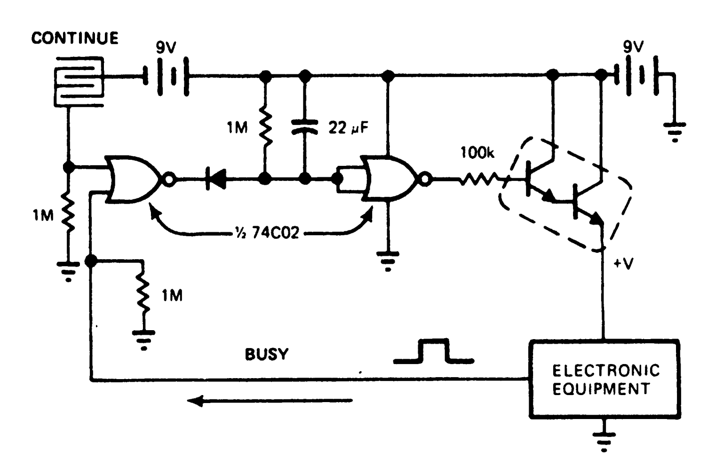


Рис. 5.19

Схема подает напряжение смещения на мощную пару Дарлингтона в течение примерно 15 сек, после чего сигналы CONTINUE (Продолжить) и BUSY (Занято) переходят на низкий логический уровень. После этого пара Дарлингтона отключает напряжение батареи от электронного устройства. Устройство применяется для повышения срока службы батарей питания в электронных устройствах. Сенсорный выключатель, выполненный печатным способом на плате устройства в виде входящих друг в друга символов "E" и "Ǝ", снова должен активироваться на 15 сек касанием пальца во время использования устройства.

5.20. Сенсорная клавиатура

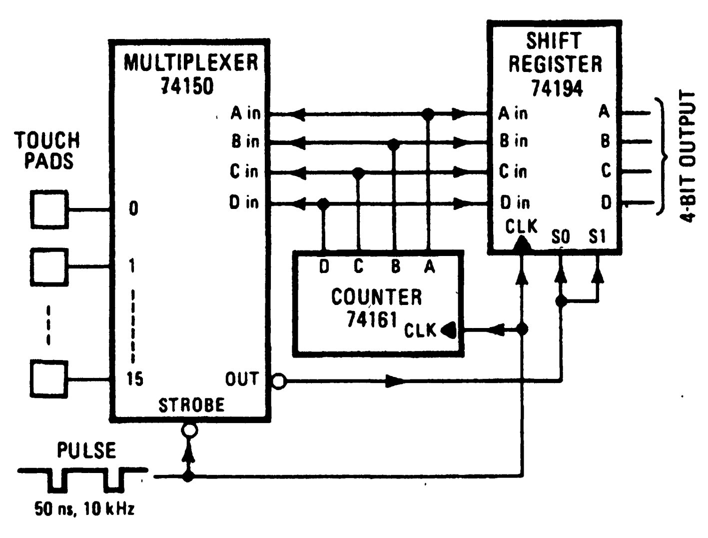
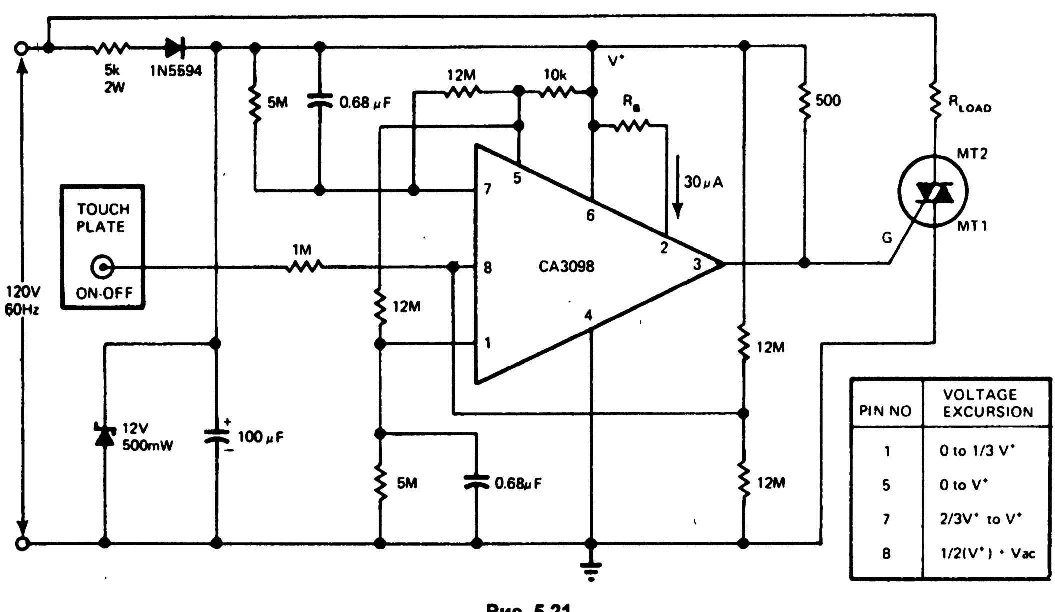


Рис. 5.20

После касания одного из 16 сенсоров (металлических площадок), подключенных к входам 16-разрядного мультиплексора 74150 (рис. 5.20), на выходе регистра сдвига 74194 появляется 4-битный соответствующий код. В то время как входы мультиплексора счетчика сканируются, сигнал на выходе возникает только тогда, когда палец оператора касается того или иного сенсора небольшого размера, предназначенного для касания его кончиком пальца. Для работы мультиплексора, счетчика 74161 и регистра сдвига необходим внешний тактовый генератор с частотой 10 кГц. Длительность синхроимпульсов должна быть более 20 нс, чтобы не тронутые площадки заряжались до порогового напряжения, но и не настолько длительными, чтобы площадки заряжались полностью.

5.21. Сенсорный выключатель



PIN NO	VOLTAGE EXCURSION
1	0 to 1/3 V+
5	0 to V+
7	2/3V+ to V+
8	1/2(V+) + Vac

Рис. 5.21

Слабый сигнал переменного тока, который возникает из-за контакта пальца с поверхностью сенсора "TOUCH PLATE" (рис. 5.21), способствует тому, что напряжение на выводе 8 двухвходового прецизионного детектора уровня CA3098 будет больше, чем эталонное напряжение. Детектор уровня переключает запоминающий триггер в ИС и приводит к тому, что напряжение на выводе 5 будет высоким. Напряжение вывода 7 будет при этом возрастать экспоненциально в течение 10 сек до значения V+. Эта задержка в 10 сек является самым максимальным временем для контакта с поверхностью, более длительное касание приводит систему в состояние между включением и выключением, т. е. к самовозбуждению до тех пор, пока палец снова не убирается. Более короткие прикосновения включают нагрузку. Следующее касание сенсорной площадки выключает нагрузку.

5.22. Бесконтактный переключатель

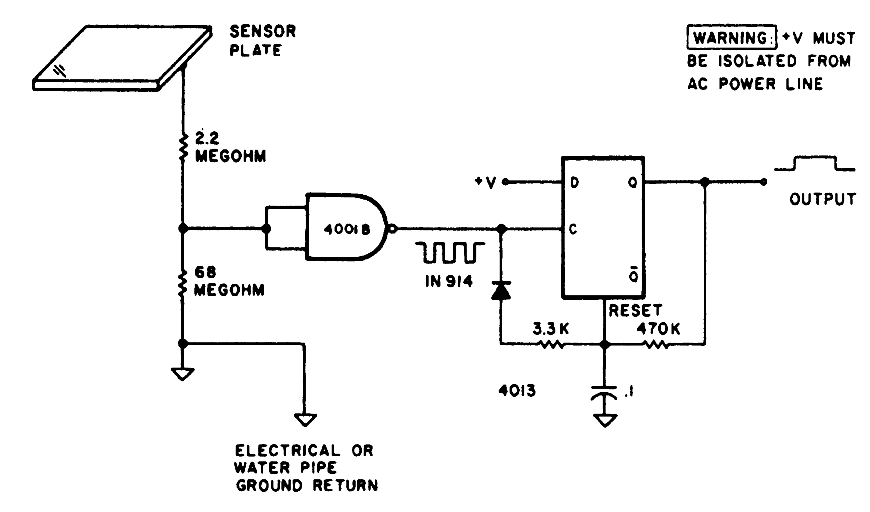


Рис. 5.22

Схема бесконтактного переключателя (рис. 5.22) основана на взаимодействии человеческого тела с сетью 60 Гц. Рука, расположенная вблизи от пластины датчика, индуцирует пульсации напряжения с частотой сети, поступающие в логическую схему 4001В. Эти пульсации на выходе схемы преобразуются в прямоугольные импульсы, которые используются для запуска моностабильного триггера. Начиная с момента приближения руки к пластине датчика, на выходе Q триггера формируется импульс высокого логического уровня с длительностью в несколько миллисекунд. Чувствительность зависит от величины пластины.

5.23. Сенсорный выключатель для музыкальной клавиатуры

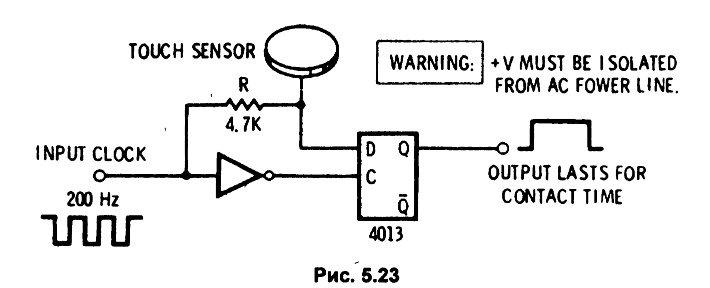


Рис. 5.23

Прикосновение к металлической площадке датчика (рис. 5.23) добавляет примерно 300 пФ к емкости между площадкой и землей. Это приводит к увеличению постоянной времени RC-цепи и интегрированию тактовых импульсов. Тактовая частота после интегрирующей цепочки сдвигается по времени относительно входной, когда достигает входа D-триггера. Это приводит к тому, что триггер во время касания площадки пальцем переходит на высокий логический уровень. Схема должна повторяться для каждой клавиши в электронно-музыкальной системе.

5.24. Устранение дребезга сенсорного выключателя

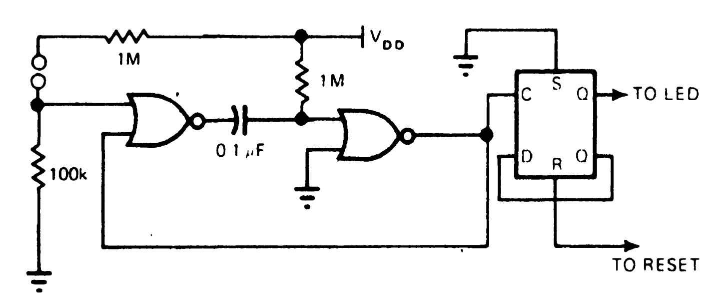


Рис. 5.24

Гарантированной защиты от дребезга для сенсорных выключателей, которые используют Т-триггер (выполненный на половине микросхемы MC14013 производства компании Motorola), достигают с помощью моностабильной схемы на двух логических элементах ИЛИ-НЕ (рис. 5.24), которые удлиняют формируемый импульс. Постоянная времени схемы удлинения импульса подбирается для конкретного использования выключателя. При необходимости индикации состояния выключателя к выходу Q триггера может быть добавлен светодиод, управляемый транзистором 2N3903.

5.25. Мощный сенсорный выключатель

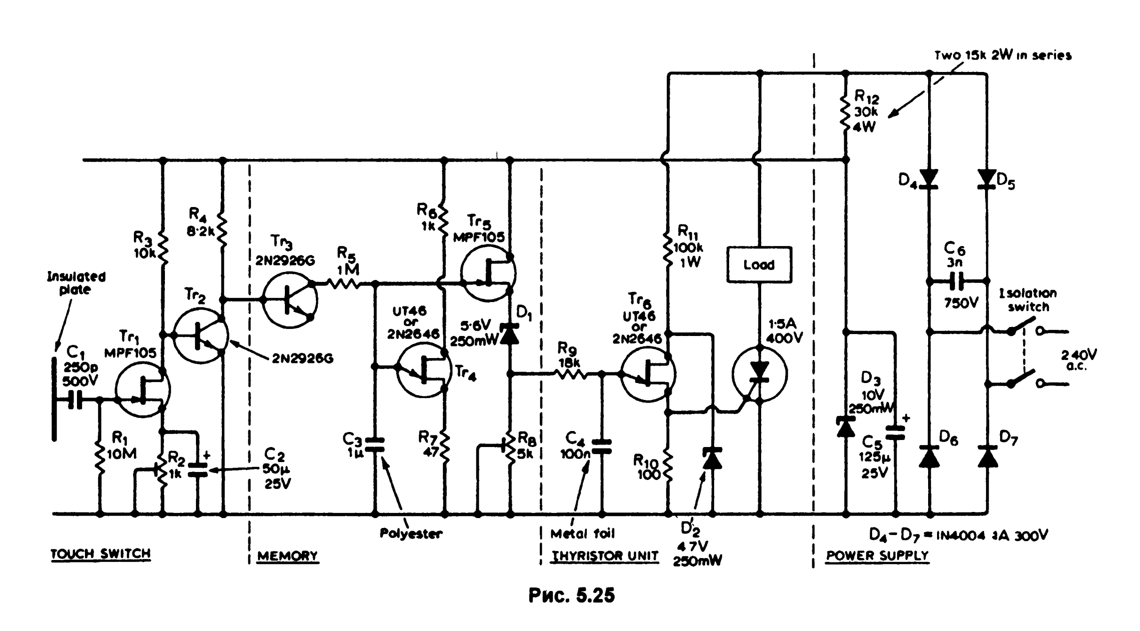


Рис. 5.25

Палец, помещенный на изолированную металлическую пластинку схемы (рис. 5.25), подводит к полевому транзистору Tr_1 небольшое напряжение переменного тока, наводимое от тела человека. Усиленные прямоугольные импульсы с частотой сети с резистора R_4 через транзистор Tr_3, включенный по схеме диода, заряжают конденсатор C_3. Заряд конденсатора C_3 прикладывается к транзистору Tr_5 и открывает его, подавая выходное напряжение постоянного тока через резистор R_8 к однопереходному транзистору Tr_6 и к управляющему электроду тиристора. Конденсатор C_4 разряжается за время 10 мс с помощью однопереходного транзистора Tr_6, который питается от выпрямленного напряжения сети. При высоком напряжении на резисторе R_8, например, 4 В, тиристор в пределах периода переменного напряжения рано перезапускается и, таким образом, максимальная мощность подается к нагрузке. Диоды D_4—D_7 содействуют тому, что схема функционирует при обеих полуволнах питающего напряжения. Чем дольше палец лежит на сенсорном выключателе, тем больше напряжение на резисторе R_8 и тем больший ток течет через нагрузку. Удаление пальца выключает нагрузку, которая может быть лампой накаливания или другим электрическим устройством.

6. Схемы приемопередатчиков

Приведенные в этой главе схемы используются в передатчиках и приемниках для любительских, служебных диапазонов частот, а также в других двунаправленных коммуникационных устройствах. Содержат активизируемые речью переключатели "прием-передача", опрашивающие устройства, варикапы настройки и телеуправляемые настроечные системы.

6.1. Логическая схема, управляемая речью

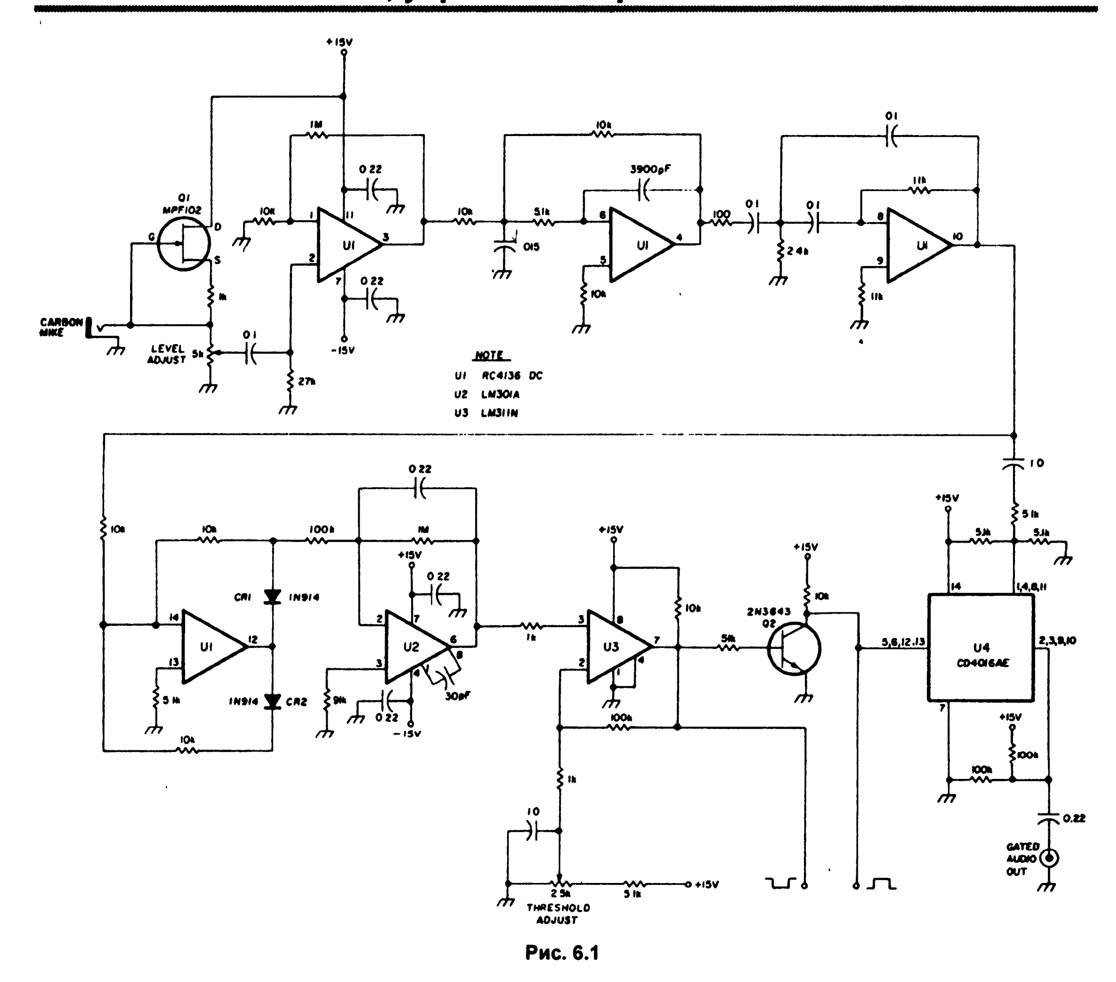


Рис. 6.1

В схеме (рис. 6.1) используются 4 микросхемы, 2 транзистора и 2 диода. Схема состоит из предварительного усилителя, двухкаскадного полосового фильтра, детектора уровня звукового сигнала и управляющего ключа для обеспечения речевого управления вместо управляемого речью реле в SSB-приемопередатчиках с угольным микрофоном. Выходной сигнал логической схемы (с возможностью выбора "1" или "0") служит как управляющий сигнал для других блоков в системе, которые будут управляться речью. Фильтры нижних и верхних частот образуют эквивалентный полосовой фильтр в диапазоне от 300 до 3000 Гц с затуханием 40 дБ на декаду в обоих боковых фронтах, чтобы отрезать фоновый шум. Сигнал после полевого транзистора Q1 поступает на предварительный усилитель, выполненный на первом элементе счетверенной микросхемы U1 и имеющий стократное усиление напряжения при эффективном его значении на выходе примерно 3 В. На следующих двух элементах микросхемы U1 выполнен активный полосовой фильтр. Последний четвертый элемент микросхемы U1 с диодами CR1—CR2 представляет собой активный диодный детектор. Из выпрямленного аудиосигнала микросхема U2 образует сглаженный положительный импульс с длительностью звукового сигнала. Триггер Шмитта на микросхеме U3 повышает крутизну полученного импульса и делает его совместимым с КМОП-схемами. При наличии аудиосигнала инвертирующий усилитель Q2 управляет аналоговыми ключами на схеме U4.

6.2. Передатчик мощностью 3,5 Вт

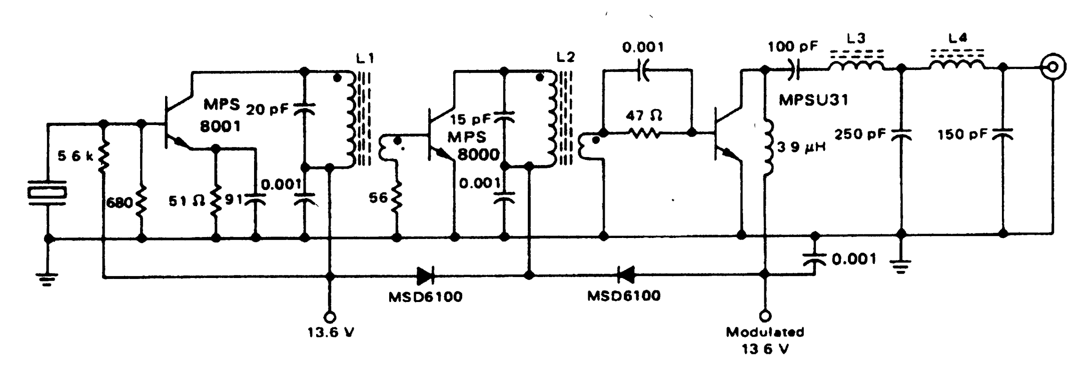


Рис. 6.2

Схема передатчика класса D (рис. 6.2) использует недорогие транзисторы в пластмассовом корпусе и работает от 12-вольтовой автомобильной аккумуляторной батареи. Для 100 % амплитудной модуляции требуется примерно 2,5 Вт на НЧ-входе. Модулятор использует двойной диод MSD6100, один из которых препятствует понижению модуляции задающего генератора, а другой поддерживает управление выходного каскада во время уменьшения модуляции для достижения 100%-ной модуляции. Все катушки намотаны проводом № 22 на 1/4-дюймовом каркасе с карбоновым сердечником "J" 1/4 × 3/8 дюйма в каждой. Два витка намотаны поверх первичной обмотки. Катушки имеют следующее количество витков: L1 — 12, L2 — 18, L3 — 7 и L4 — 5.

8 Зак. 1033

6.3. Схема для согласования с низкоомным микрофоном

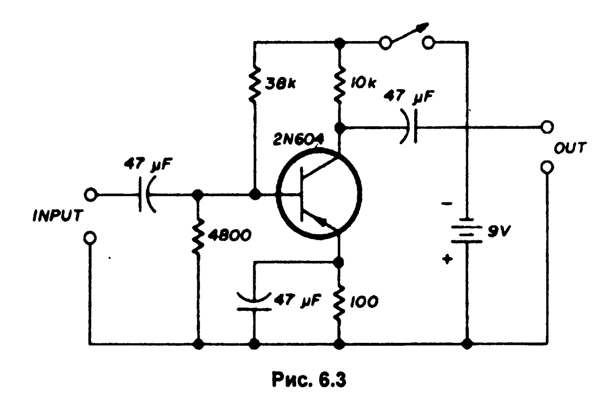


Рис. 6.3

Схема для согласования (рис. 6.3) с микрофоном, имеющим низкое сопротивление, выполненная на одном транзисторе, согласует его и высокоомный вход любительского приемопередатчика. Схема также имеет достаточное усиление, чтобы соответствовать требованиям входных цепей приемопередатчика.

6.4. Переключатель "прием-передача" с диодом

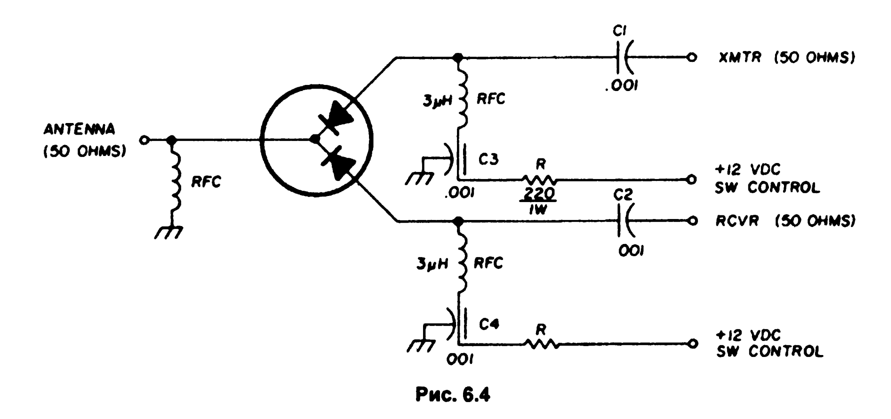


Рис. 6.4

Полупроводниковый переключатель "прием-передача" MA8334 производства компании Microwave Associates (рис. 6.4) заменяет традиционное реле, переключающее антенну между передатчиком и приемником. Может использоваться с 50 Вт при несущей частоте (CW) 144 МГц и других частотах свыше 1 ГГц, при выборе соответствующих элементов схемы. Измеренные потери переключателя составляют 0,25 дБ, а коэффициент стоячей волны — 1,23 : 1 при работе с антенной сопротивлением 50 Ом.

6.5. Звуковой сигнализатор окончания передачи

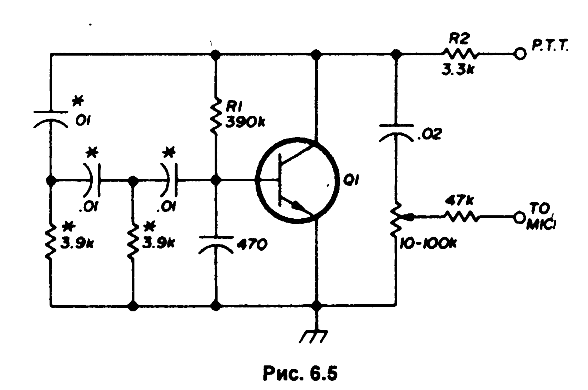


Рис. 6.5

Освобождение переключателя РТТ (Push-To-Talk — "нажал — говори" — тангенты) в конце радиобеседы активизирует временную задержку для реле переключения антенны. При достаточно долгом времени работы передатчика необходимо сформировать тональный сигнал с частотой 800 Гц, который будет информировать о завершении передачи. Тональный сигнал создается простым генератором с фазовращателем (рис. 6.5), который работает от приложенного напряжения от 6 до 30 В между выводом РТТ и заземлением в режиме приема. Транзистор, используемый в схеме, может быть любым маломощным кремниевым *n-p-n*-транзистором с усилением минимум 300 при 1 мА, например, 2N930. Элементы, которые в схеме обозначены звездочкой, должны быть подобраны с точностью 5 %.

6.6. Сканирующий адаптер

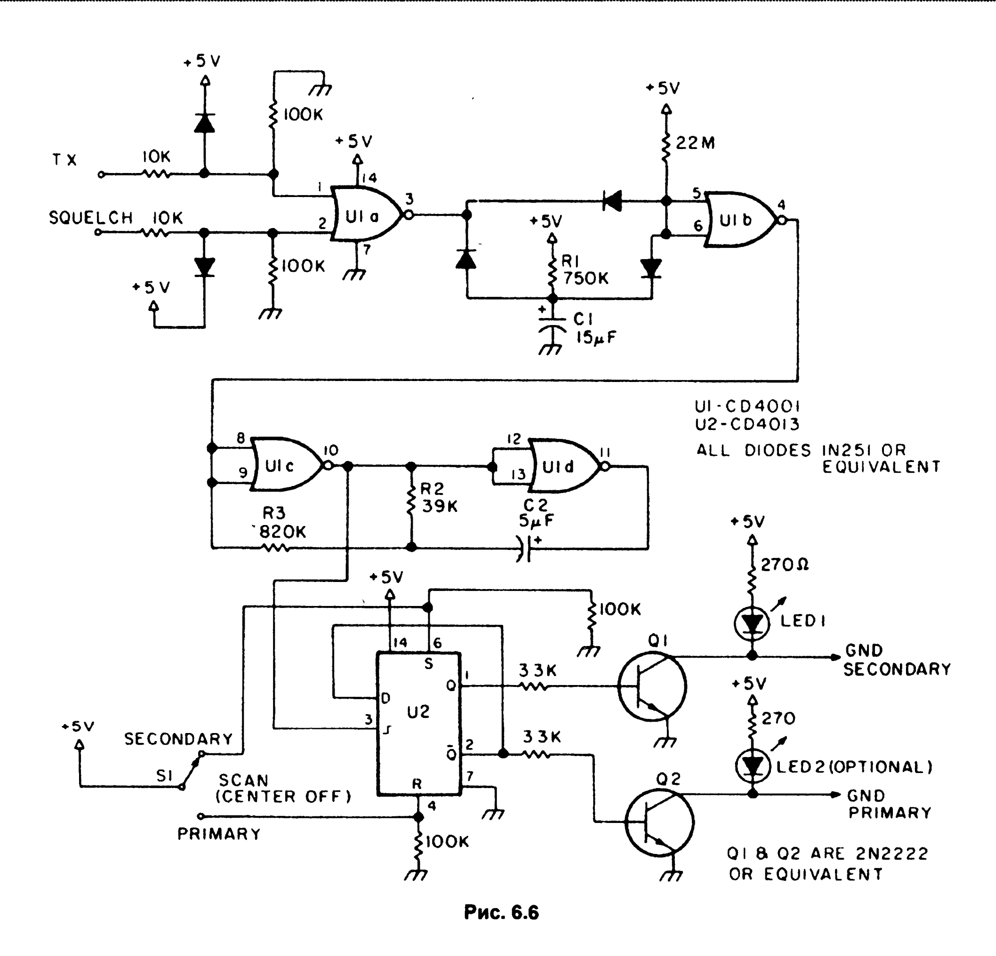


Рис. 6.6

Схема (рис. 6.6) разработана для применения с приемопередатчиком 2-метрового диапазона с синтезатором частоты, для автоматического сканирования, которое включается, если происходит передача или выключен подавитель шумов приемника на одном из сканируемых каналов. После 5 с сканирование дезактивируется, для того чтобы дать возможность начать сообщение другой стороне. Длительность сканирования составляет примерно 250 мс на одно сканирование. Логический элемент U1 а формирует на выходе сигнал логического "0", если шумоподавление выключено, что приводит к тому, что на выходе микросхемы U1 b будет "1", которая включает генератор U1 c—U1 d. Генератор запускает D-триггер U2, транзисторы Q1, и Q2 попеременно открываются. Если транзистор Q1 открыт, то светится светодиод LED 1 и показывает, что функционирует вторичный канал.

6.7. Переключатель "прием-передача" с 4 диодами

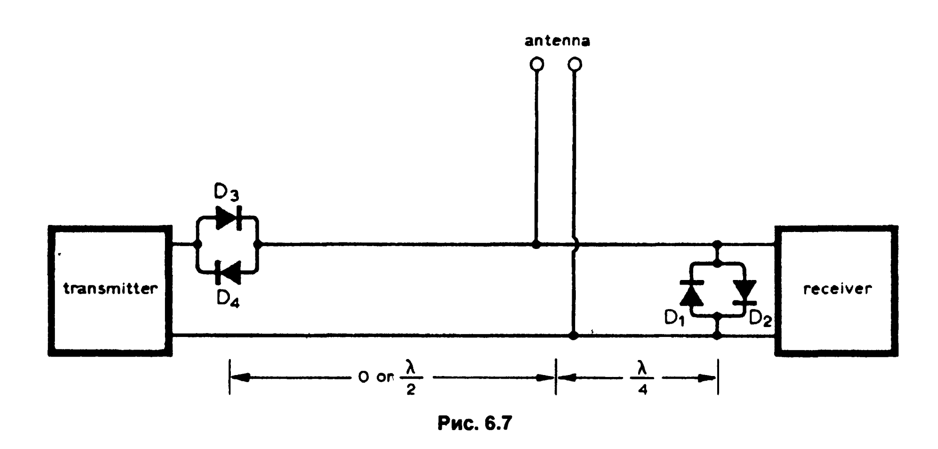


Рис. 6.7

В схеме (рис. 6.7) используется только 2 пары диодов высокой частоты с определенными электрическими параметрами для излучаемой мощности. С помощью диодной пары со стороны передатчика сопротивление бесконечно велико во время приема. В направлении приемника провод подобран так, что вся входящая мощность поступает в приемник. Если передатчик включен, то диоды D_3 и D_4 пропускают ток и мощность идет в направлении антенны, в то время как диоды D_1 и D_2 также пропускают и замыкают накоротко вход приемника.

6.8. Схема преобразователя частоты

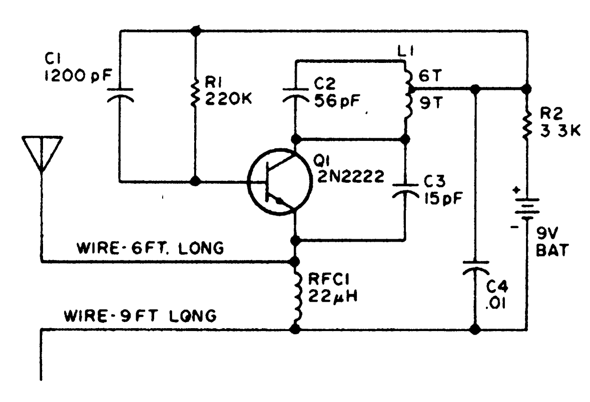


Рис. 6.8

Схема супергетеродинного радиоприемника (рис. 6.8) используется, чтобы преобразовывать вспомогательную частоту в НЧ-диапазон, при этом возникает много рядом расположенных несущих частот в 27-мегагерцевом диапазоне. Уровень высокой частоты при полосе частот постоянен. Сигнал приемника упрощает согласование входа для устройств частных и служебных диапазонов частот. Антенный провод длиной 6 футов (1,8 м) присоединяется со стороны эмиттера транзистора Q1 к катушке RFC и проводом длиной 9 футов (2,8 м) со стороны батареи как противовес. Со схемой, работающей в среднем диапазоне, она может закрепляться вертикально на дереве, если имеется возможность ее выключать или удалять батарею, если она не используется. Схема потребляется примерно 0,5 мА от 9-вольтовой батареи питания.

6.9. Двусторонний усилитель

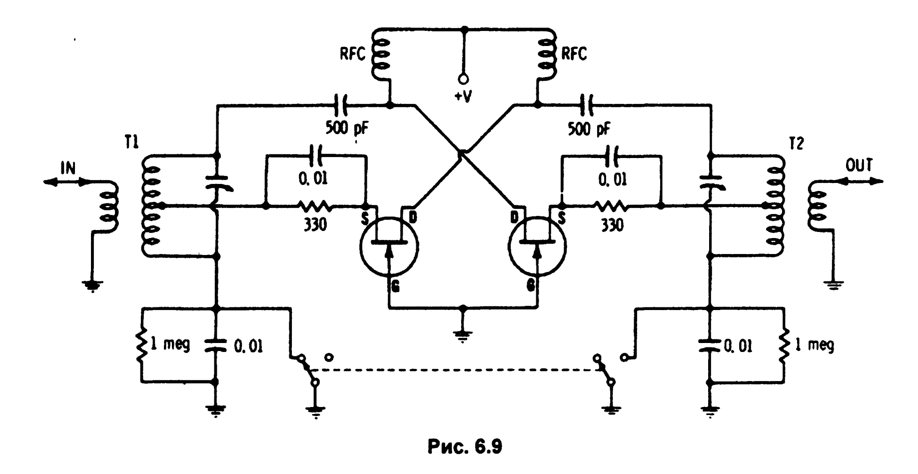


Рис. 6.9

Если переключатель находится в показанной на рис. 6.9 позиции, то сигнал, который проходит через трансформатор Т1, усиливается первым транзистором и от его стока подается в выход резонансного трансформатора Т2. Второй транзистор не работает, т. к. между затвором и истоком имеется обратное смещение. Когда происходит переключение, входной сигнал подается через трансформатор Т2 в правый транзистор и выходит из левой части схемы, что дает в итоге изменение прямого направления сигнала. Теперь левый транзистор не активен.

6.10. Схема голосового управления в SSB-связи

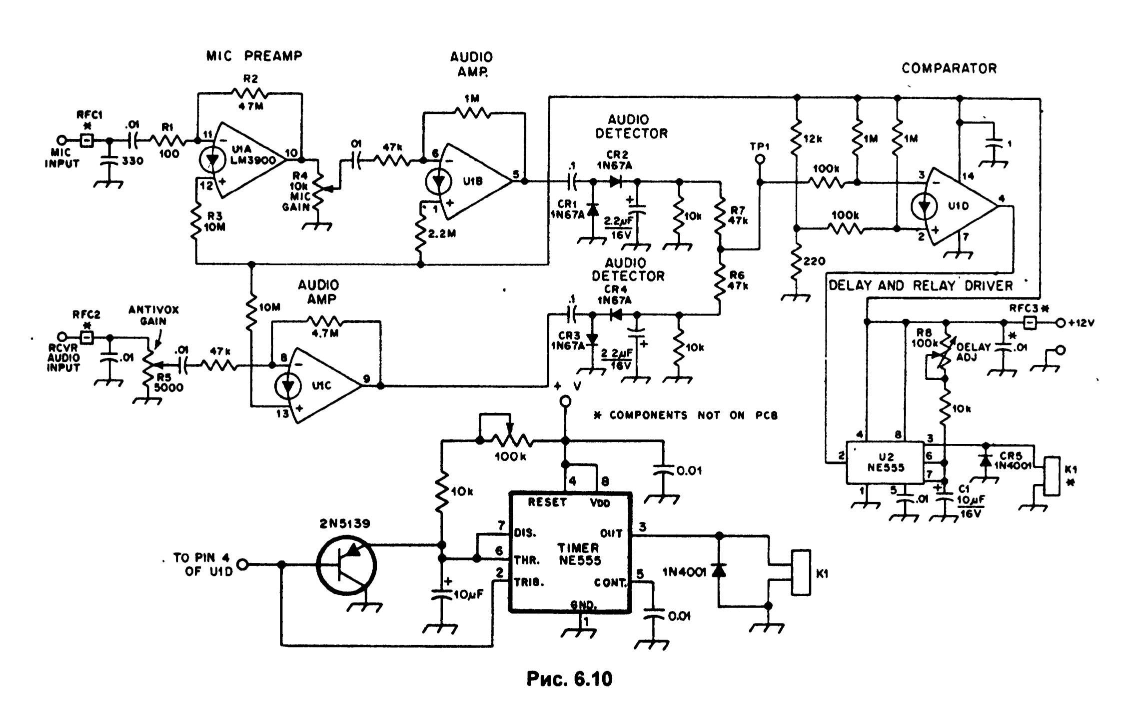


Рис. 6.10

Используемые в схеме (рис. 6.10) счетверенный операционный усилитель Нортона LM3900 и таймер NE555 работают от одного источника питания. Предварительный усилитель "MIC PREAMP" U1A и усилитель "AUDIO AMP" U1B усиливают сигнал, поступающий от микрофона. Микросхема U1C усиливает НЧ эталонный сигнал, который приходит с выхода приемника (с динамика). Выходные сигналы обоих усилителей из переменного напряжения преобразовываются выпрямителями в блоке детектора "AUDIO DETECTOR" напряжения постоянного тока. Выходные сигналы с выпрямителей после прохождения соответствующих резисторов R6 и R7 суммируются и подаются на инверсный вход компаратора напряжения на микросхеме U1D. Сигнал, поступивший с микрофона, переключает выход компаратора на низкий логический уровень и запускает микросхему NE555, которая включает 12-вольтовое реле K1, после регулируемой с помощью резистора R8 задержки равной 10 мс, необходимой для предотвращения потери первого слога. Эта же задержка действует также при отпускании реле, чтобы оно оставалось включенным в паузах между словами. Если же реле K1 отпускается хотя бы на доли секунд в конце задержки, несмотря на то, что низкочастотный сигнал присутствует на входе, то в схему к таймеру NE555 должен быть добавлен транзистор 2N5139, как это показано на схеме внизу.

6.11. Схема защиты приемопередатчика

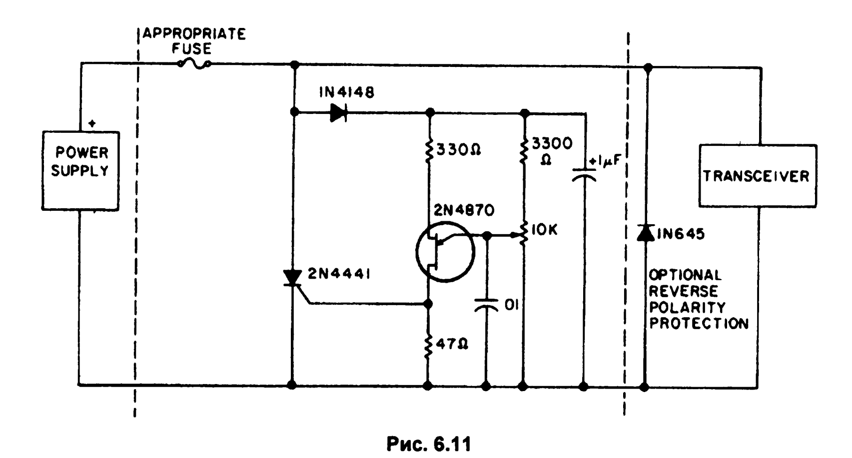


Рис. 6.11

Схема защиты (рис. 6.11) устанавливается между приемопередатчиком "TRANSCEIVER" и регулируемым источником напряжения "POWER SUPPLY" с напряжением для защиты приемопередатчика от перенапряжения или от подключения источника с неверной полярностью. С помощью однопереходного транзистора с потенциометром возможна точная установка значения перенапряжения, при котором открывается тиристор 2N4441 и предохранитель перегорает в течение микросекунд. Схема защиты может устанавливаться прямо в приемопередатчик.

6.12. Схема, позволяющая получить дополнительно 15 Вт звуковой мощности

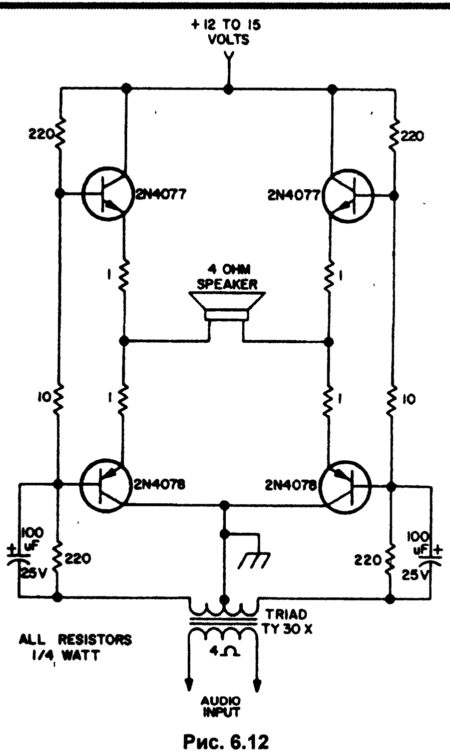


Рис. 6.12

Обычно выходная мощность усилителя НЧ приемопередатчика составляет 1 Вт. Представленная схема повышает эту мощность еще на 15 Вт. В схеме можно использовать динамик и с сопротивлением 8 Ом, однако выходная мощность вследствие этого уменьшится.

6.13. Кварц на 9 МГц в передатчике

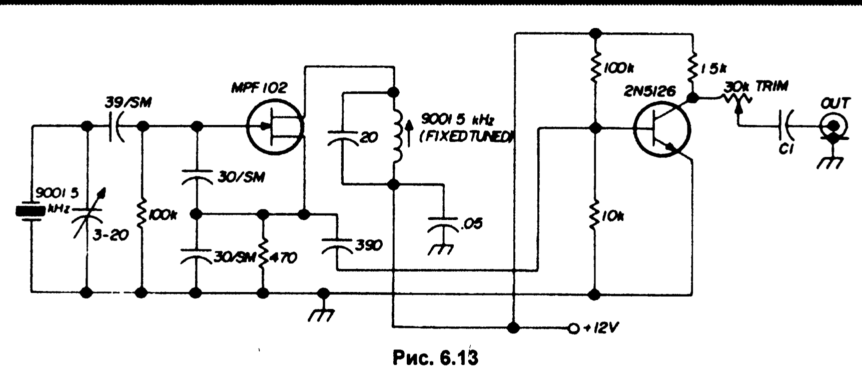


Рис. 6.13

Схему (рис. 6.13) можно использовать в блоке SSB-передатчика приемопередатчика 80-метрового диапазона с мощностью 10 Вт. Значение конденсатора C1 на выходе схемы 50—330 пФ подгоняется к желаемому выходному диапазону. Уровень несущей частоты может настраиваться с помощью регулируемой катушки или 30-килоомного потенциометра.

6.14. Опрашивающее устройство на 10 каналов

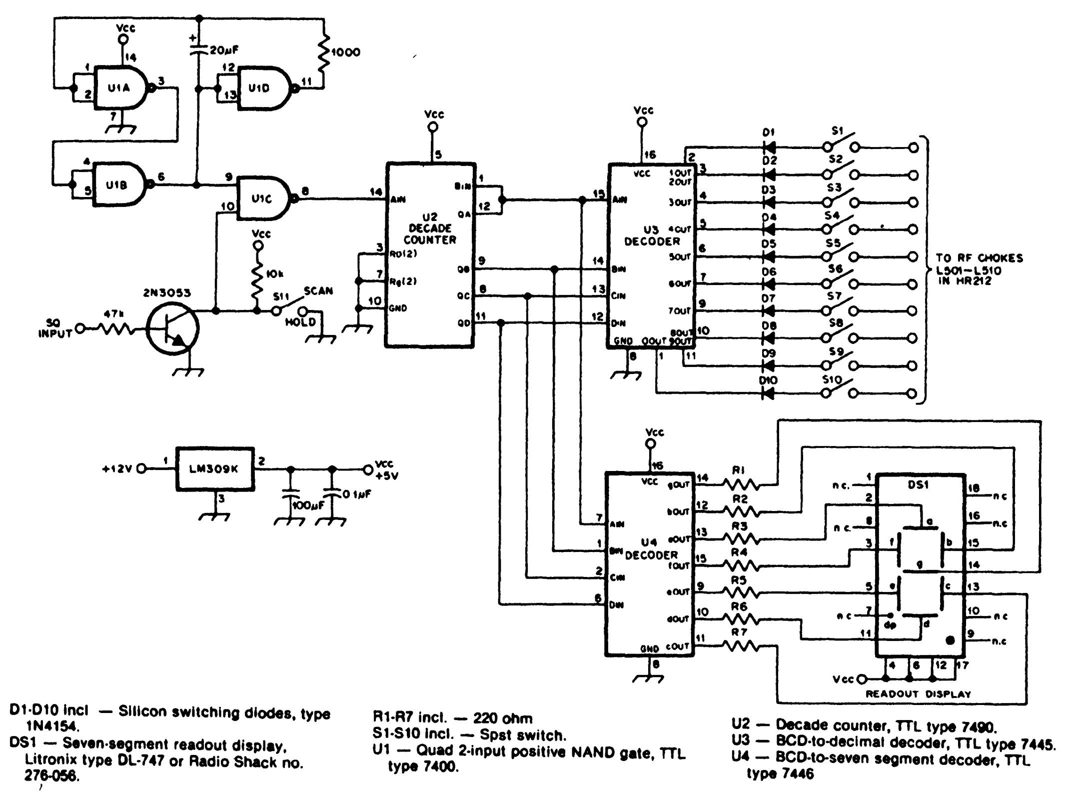
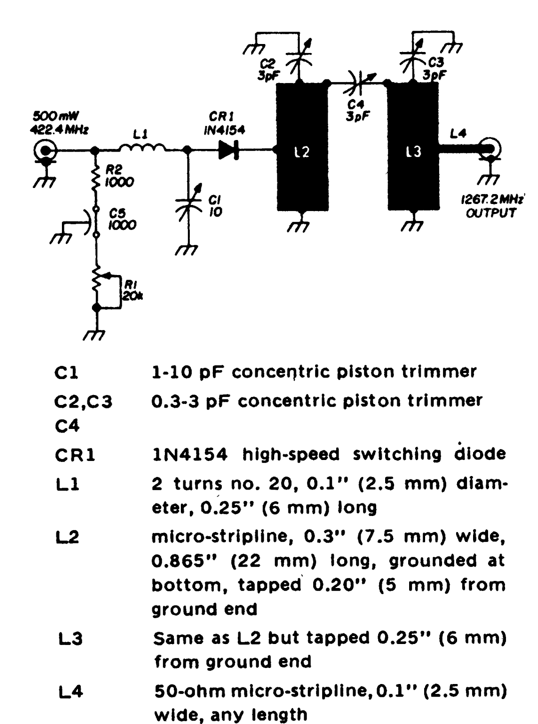


Рис. 6.14

Устройство (рис. 6.14) предназначено для приемопередатчика HR-212 Regency с 2-метровым диапазоном, однако может подходить и для других приемопередатчиков. Особенностью схемы является автоматическая его остановка, запуск и большой семисегментный индикатор для отображения выбранного канала. Диоды D1—D10 препятствуют попаданию напряжения приемопередатчика в схему устройства. Входное напряжение шумоподавителя берется от приемопередатчика. Каналы, за которыми не наблюдают, могут быть отключены с помощью переключателей S1—S10. Провода, которые должны идти к ВЧ-дросселям приемопередатчика HR-212, присоединяются к этим переключателям.

6.15. Схема утроения частоты до 1267,2 МГц



C1	1-10 pF concentric piston trimmer
C2,C3 C4	0.3-3 pF concentric piston trimmer
CR1	1N4154 high-speed switching diode
L1	2 turns no. 20, 0.1" (2.5 mm) diameter, 0.25" (6 mm) long
L2	micro-stripline, 0.3" (7.5 mm) wide, 0.865" (22 mm) long, grounded at bottom, tapped 0.20" (5 mm) from ground end
L3	Same as L2 but tapped 0.25" (6 mm) from ground end
L4	50-ohm micro-stripline, 0.1" (2.5 mm) wide, any length
R1	20k, 10-turn trimpot

Рис. 6.15

Схема утроения частоты с диодом и гребенчатым фильтром (рис. 6.15), для упрощения конструкции смонтированная на двусторонней стекловолоконной печатной плате, покрыта эпоксидной смолой. Устройство разработано для частоты 1296 МГц и использования в любительском SSB-приемопередатчике 23-сантиметрового диапазона. Сигнал с частотой 422,4 МГц из усилителя мощности подается через катушку L1 на частотный диод 1N4154. Далее гребенчатый фильтр из ВЧ-гармоник пропускает только желаемую частоту, которая через полосковую линию поступает на выход и далее в приемопередатчик.

6.16. Нерегулируемый кварцевый генератор для SSB-приемопередатчика на 2—23 МГц

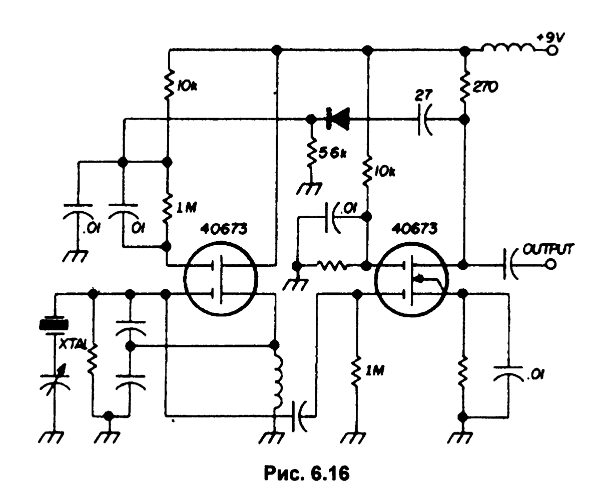


Рис. 6.16

Два МОП-транзистора со сдвоенным затвором работают в нерегулируемой схеме кварцевого трехточечного генератора (рис. 6.16). Схема встроена в SSB-приемопередатчик компании Sideband Associates, предназначенный для морской радиосвязи в диапазоне от 2 до 23 МГц. Генератор подключен к разделительному (буферному) усилителю. Маленький конденсатор может использоваться для подстройки конкретного кварцевого резонатора на точно выделенную частоту.

6.17. 12-вольтовая схема защиты приемопередатчика (закорачивающая перемычка)

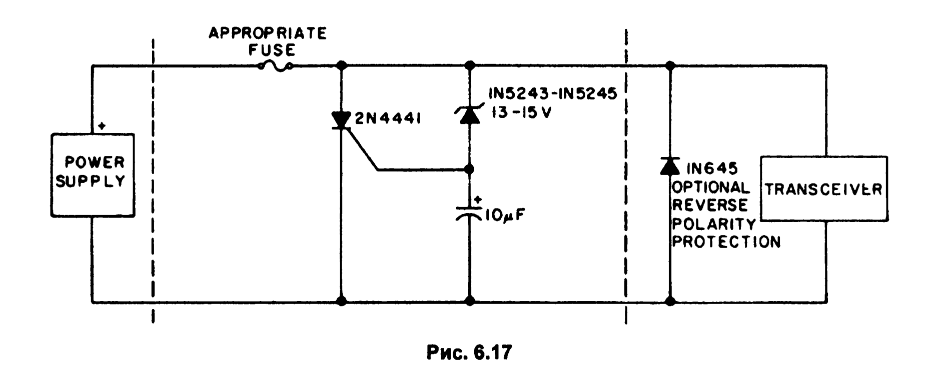


Рис. 6.17

В схеме (рис. 6.17) используется стабилитрон, который регистрирует перенапряжение и после этого открывает тиристор, который замыкает накоротко источник питания. При этом в течение микросекунд перегорает предохранитель и, таким образом, защищает приемопередатчик от перенапряжения. Дополнительно устанавливаемый диод 1N645 предназначен для защиты приемопередатчика от неверного соединения полюсов.

6.18. Схема 4-канального опрашивающего устройства для метрового диапазона волн с ЧМ

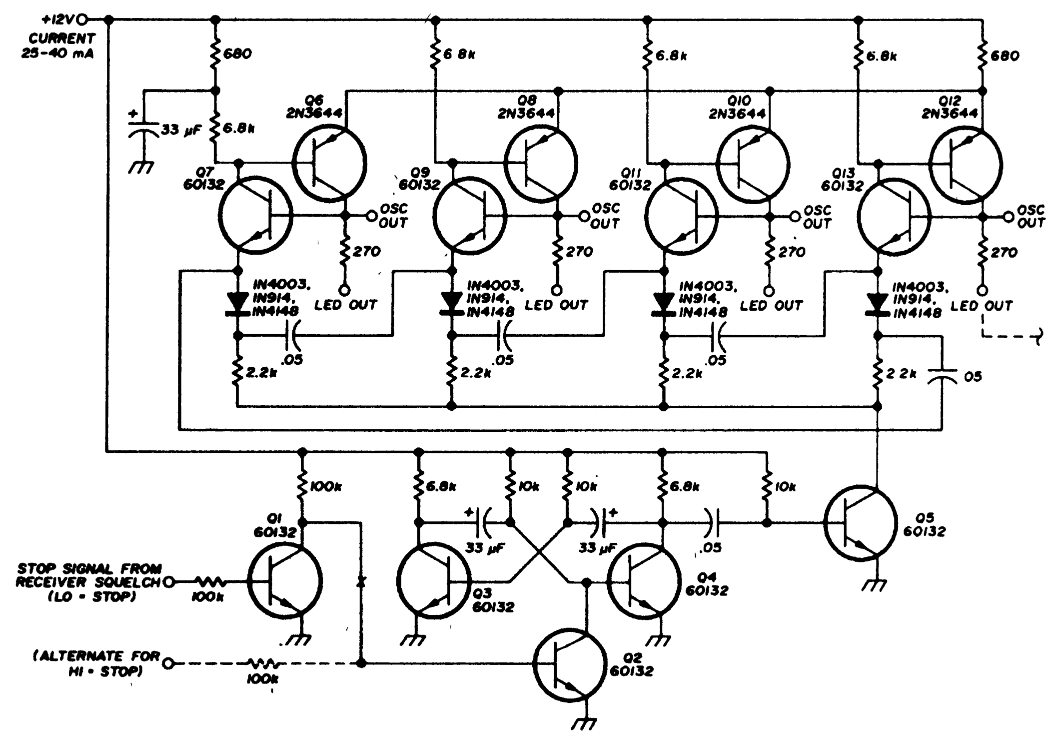


Рис. 6.18

Отдельные схемные элементы (радиодетали) позволяют осуществлять опрос любого количества каналов и с любой желаемой частотой. Устройство (рис. 6.18) питается непосредственно от нерегулируемого источника питания с выходным напряжением от 10 до 15 В и имеет незначительное потребление тока. Схема может применяться как с положительной, так и отрицательной логикой схемы шумоподавления, таким образом, опрос каналов может останавливаться как высоким, так низким уровнем логического сигнала. Любое повышение напряжения в несколько вольт останавливает процесс опроса. Транзисторы Q3 и Q4 образуют автоколебательный мультивибратор, который работает примерно с частотой 10 импульсов в секунду. Если на базе транзистора Q2 присутствует высокий логический уровень, то транзистор Q2 открывается и останавливает мультивибратор. Транзистор Q1 обеспечивает требуемую полярность сигнала для управления транзистором Q2. Транзисторы Q6—Q13 образуют 4-каскадный кольцевой счетчик. Импульсы, поступающие от транзистора Q5, служат для того, чтобы сигнал с низким логическим уровнем на его коллекторе перемещал бы сигнал на выходе счетчика по кольцу от каскада к каскаду. Если сигнал, поступающий со схемы шумоподавления, прерывает импульсы мультивибратора, то счетчик останавливается, и выход каскада счетчика переходит на высокий логический уровень для включения соответствующего светодиодного индикатора этого канала.

6.19. Схема управления "прием-передача"

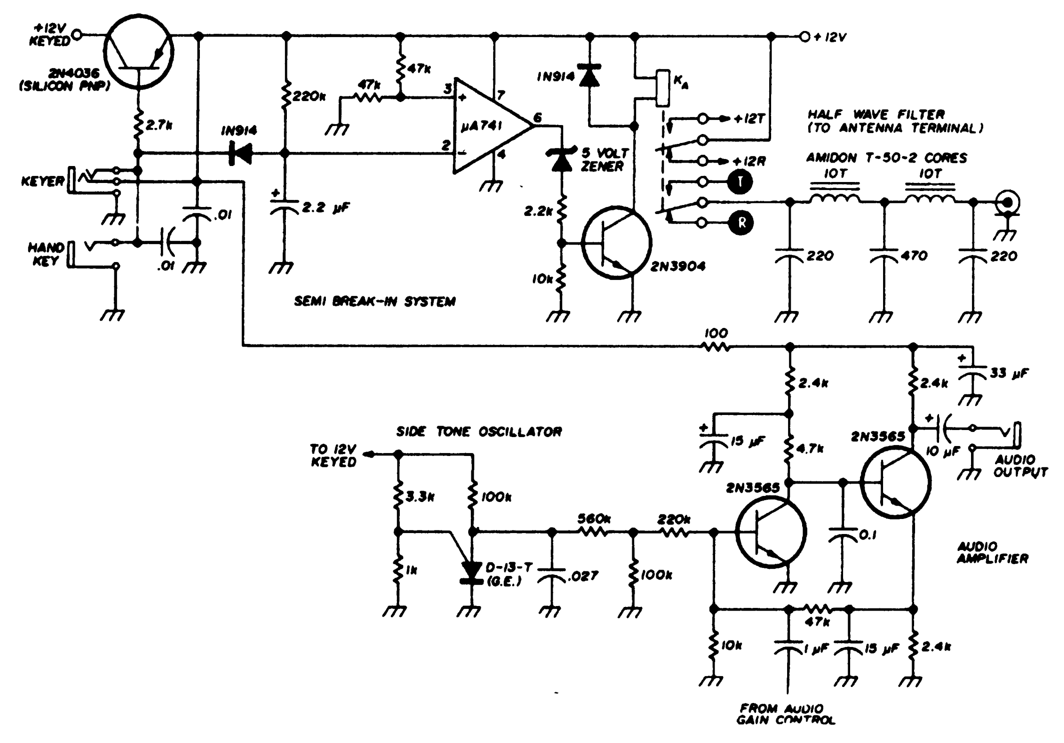
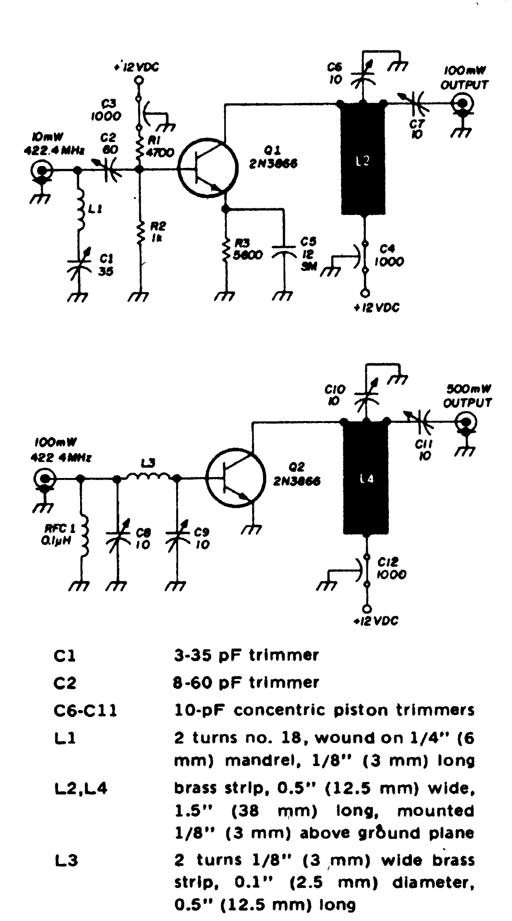


Рис. 6.19

Схема (рис. 6.19) используется для управления маломощным приемопередатчиком 20-метрового любительского диапазона. Телеграфный ключ подключают в базовую цепь кремниевого транзистора 2N4036. Выходные колебания пилообразной формы ослабляются и подаются на вход НЧ-усилителя, выполненного на 2 транзисторах типа 2N3565. Антенное реле K_A подает напряжение +12 В в каскады приемопередатчика во время передачи (+12T) и приема (+12R) и осуществляет коммутацию антенны для двух этих режимов работы. В схеме используется реле с контактами, выполненными в виде двойного переключателя на два положения, и 12-вольтной катушкой с сопротивлением 800 Ом. В логике управления приемом-передачей используется операционный усилитель µA741C, включенный как дифференциальный компаратор. Если ключ нажат, то конденсатор с емкостью 2,2 мкФ разряжается, что приводит к тому, что операционный усилитель переключается в состояние с высоким логическим уровнем напряжения, затем открывается транзистор 2N3904 и срабатывает реле, переключая приемопередатчик в режим "передача". Если ключ не нажат, то конденсатор начинает заряжаться и при достижении напряжения 6 В (около 0,5 сек при сопротивлении 220 кОм времяопределяющего резистора) состояние компаратора изменяется, реле отпускается и переключает приемопередатчик на прием.

6.20. Усилитель мощности для частоты 422,4 МГц



C1	3-35 pF trimmer
C2	8-60 pF trimmer
C6-C11	10-pF concentric piston trimmers
L1	2 turns no. 18, wound on 1/4" (6 mm) mandrel, 1/8" (3 mm) long
L2,L4	brass strip, 0.5" (12.5 mm) wide, 1.5" (38 mm) long, mounted 1/8" (3 mm) above ground plane
L3	2 turns 1/8" (3 mm) wide brass strip, 0.1" (2.5 mm) diameter, 0.5" (12.5 mm) long

Рис. 6.20

Усилитель (рис. 6.20) применяется для локальной цепи генератора SSB-приемопередатчика для повышения его мощности от 10 до 500 мВт, которая необходима для схемы утроения частоты до 1296 МГц. Части схемы связываются друг с другом 50-омным миниатюрным коаксиальным кабелем.

6.21. Генератор частоты на 5 МГц ±500 кГц

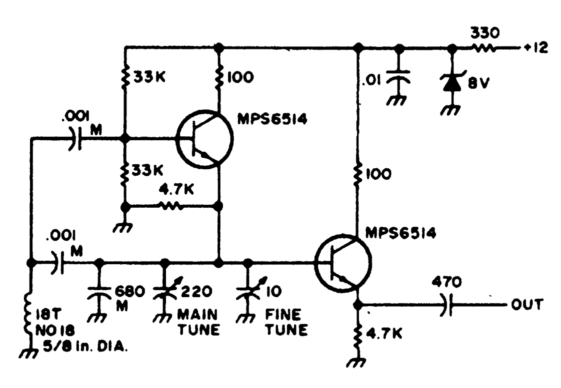
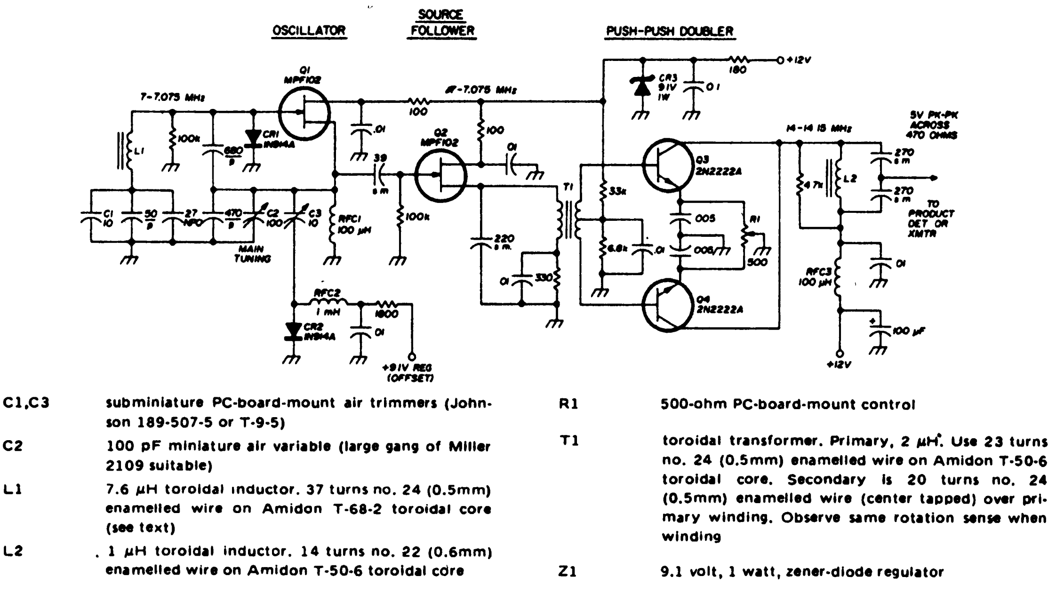


Рис. 6.21

Схема (рис. 6.21) разработана в качестве отдельного генератора перестраиваемой частоты передатчика и приемника, работающего в любительском приемопередатчике. Конденсаторы, которые указаны с буквой "М", должны быть слюдяного типа. Точная настройка перекрывает диапазон с точностью ±20 кГц. Работает почти в любом ВЧ-диапазоне при применении соответствующей катушки. Напряжение выходного сигнала составляет 4 В.

6.22. Генератор перестраиваемой частоты на 14 МГц с удвоителем



C1,C3	subminiature PC-board-mount air trimmers (Johnson 189-507-5 or T-9-5)	R1	500-ohm PC-board-mount control
C2	100 pF miniature air variable (large gang of Miller 2109 suitable)	T1	toroidal transformer. Primary, 2 µH. Use 23 turns no. 24 (0.5mm) enamelled wire on Amidon T-50-6 toroidal core. Secondary is 20 turns no. 24 (0.5mm) enamelled wire (center tapped) over primary winding. Observe same rotation sense when winding
L1	7.6 µH toroidal inductor. 37 turns no. 24 (0.5mm) enamelled wire on Amidon T-68-2 toroidal core (see text)		
L2	1 µH toroidal inductor. 14 turns no. 22 (0.6mm) enamelled wire on Amidon T-50-6 toroidal core	Z1	9.1 volt, 1 watt, zener-diode regulator

Рис. 6.22

Схема генератора (рис. 6.22) разработана для применения в 20-метровом диапазоне с приемопередатчиком малой мощности (QRP). При двукратном умножении частоты задающего генератора избегается проблема нестабильности генератора 14 МГц и минимизируется нестабильность частоты в течение периодов передачи. Используется настраиваемый трехточечный генератор с емкостной связью и незначительным дрейфом, который работает на частоте 7 МГц. Буферный каскад разделяет задающий генератор и удвоитель частоты. С помощью потенциометра R1, динамичной установки баланса устанавливается синусоидальная форма волны выходного сигнала. Конденсаторы полистирольного типа обозначаются буквой "P", а серебряно-слюдяного — "SM".

6.23. Генератор перестраиваемой частоты на 6,545—6,845 МГц

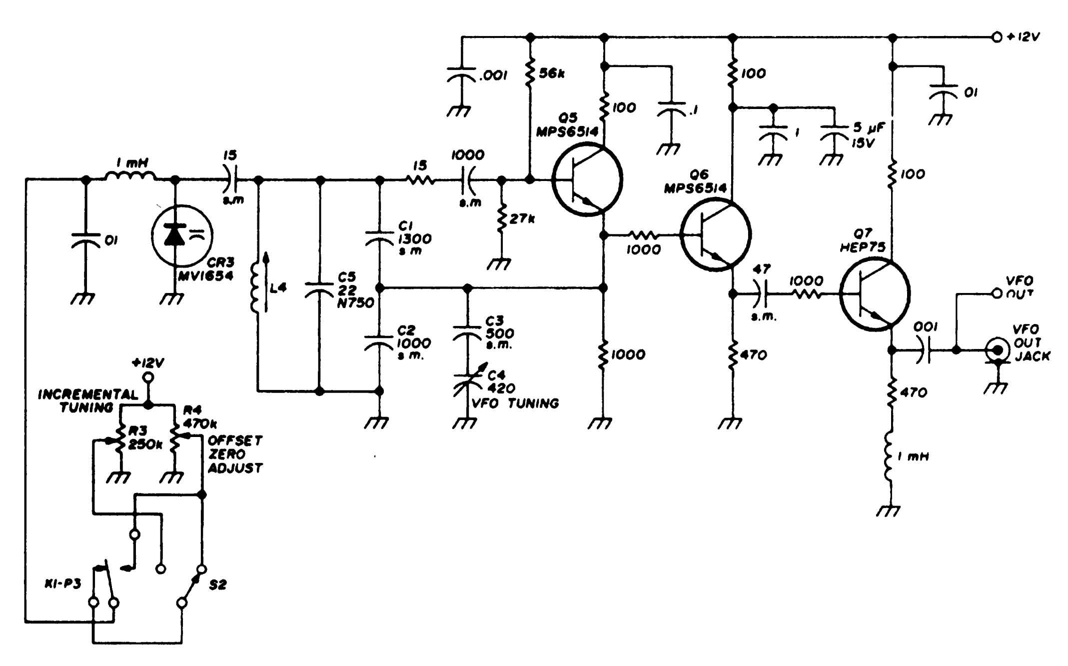


Рис. 6.23

Схема генератора (рис. 6.23) охватывает любительский 40-метровый диапазон для SSB и CW со стабильной пошаговой настроечной схемой, которая использует варикап MV1654. Тюнер позволяет получать до 10 кГц смещения выше и ниже частоты генератора перестраиваемой частоты. Напряжение для варикапа устанавливается с помощью потенциометра смещения R3. Потенциометр R4 компенсирует различные варикапы и устанавливает нулевое смещение для генератора перестраиваемой частоты. Выходной сигнал буферизуется усилителем на транзисторах Q6 и Q7, причем транзистор Q7 является также усилителем мощности для согласованного смесителя. Реле K1 автоматически выключает смещение, если приемопередатчик находится в режиме передачи или дежурства. Функция смещения употребляется только, если между посланными и принятыми сигналами существует различие частоты. Катушка L4 содержит 5 витков провода № 22 на подстроечном 1/2-дюймовом сердечнике.

6.24. Генератор перестраиваемой частоты для 2-метрового диапазона и всех каналов

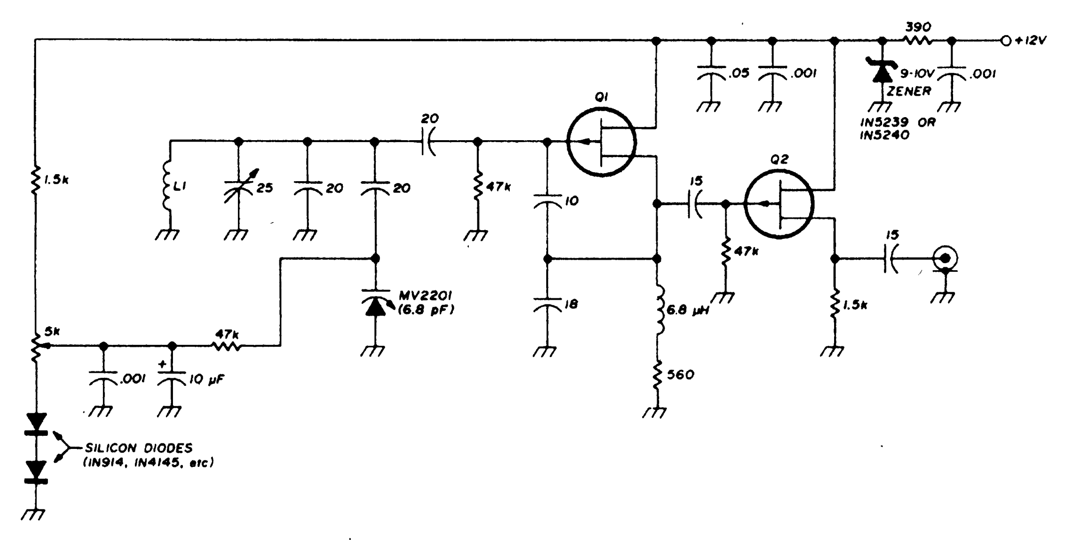
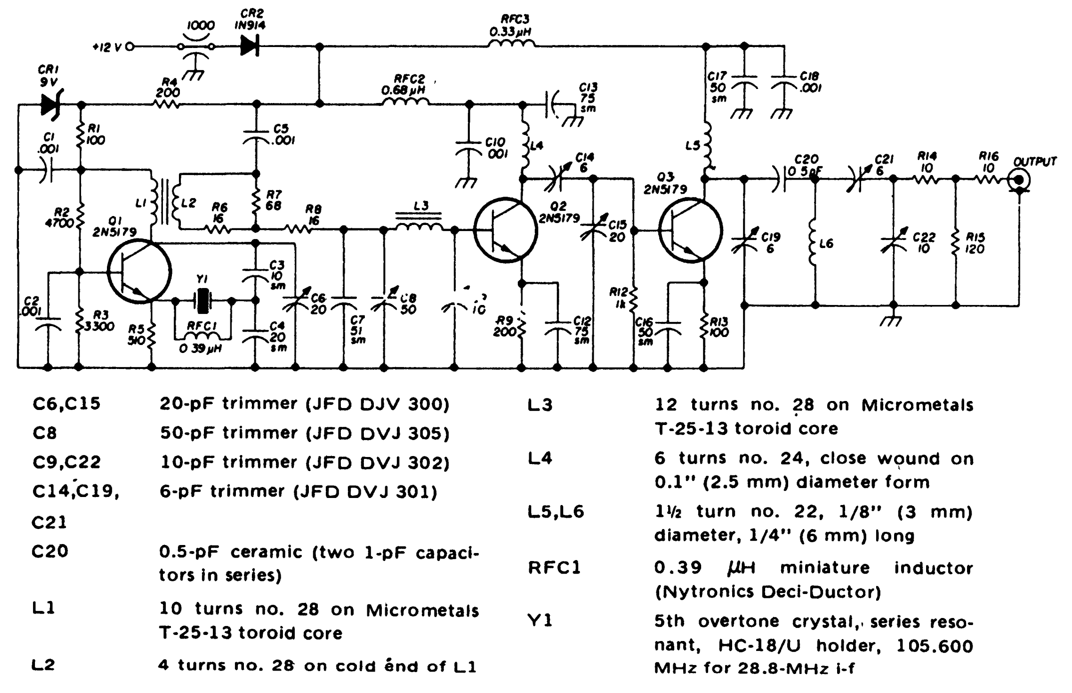


Рис. 6.24

Схема (рис. 6.24) позволяет охватить все каналы обычного ЧМ-приемопередатчика без использования дорогого синтезатора частот или отдельных кварцевых генераторов с фиксированной частотой. Кроме того, она может использоваться для настройки повторителя при наличии помех. Схема заменяет первый кварцевый генератор в ЧМ-приемопередатчике и настраивается в необходимом диапазоне на одну треть несущей частоты. Приемопередатчик со схемой может работать примерно на 45 МГц, но частота может быть легко изменена. Настроечный потенциометр (лучше всего 10-ступенчатый потенциометр на 5 кОм и с цифровой шкалой) может размещаться удаленно. Генератор перестраиваемой частоты использует генератор на полевом транзисторе Q1, который настраивается варикапом MV2201. Выходной каскад на транзисторе Q2 выполняет функцию буферного усилителя. Напряжение питания стабилизируется стабилитроном. Полевые транзисторы Q1 и Q2 могут быть типа MPF102, но лучше применить 2N5668 или 2N5669. Катушка индуктивности L1 содержит 4 витка провода № 16 и имеет диаметр 0,5 дюйма.

6.25. Кварцевый генератор на 422,4 МГц



C6,C15	20-pF trimmer (JFD DJV 300)	L3	12 turns no. 28 on Micrometals T-25-13 toroid core
C8	50-pF trimmer (JFD DVJ 305)	L4	6 turns no. 24, close wound on 0.1" (2.5 mm) diameter form
C9,C22	10-pF trimmer (JFD DVJ 302)	L5,L6	1½ turn no. 22, 1/8" (3 mm) diameter, 1/4" (6 mm) long
C14,C19, C21	6-pF trimmer (JFD DVJ 301)	RFC1	0.39 μH miniature inductor (Nytronics Deci-Ductor)
C20	0.5-pF ceramic (two 1-pF capacitors in series)	Y1	5th overtone crystal, series resonant, HC-18/U holder, 105.600 MHz for 28.8-MHz i-f
L1	10 turns no. 28 on Micrometals T-25-13 toroid core		
L2	4 turns no. 28 on cold end of L1		

Рис. 6.25

В схеме генератора (рис. 6.25) используется кварцевый резонатор с частотой 105,6 МГц, которая удваивается. После этого еще раз используется удваивающий частоту каскад. Для применения этой схемы в SSB-приемопередатчике с частотой 1296 МГц любительского 23-сантиметрового диапазона сигнал с выхода кварцевого генератора должен быть подан на внешний диодный утроитель частоты.

6.26. Балансный смеситель

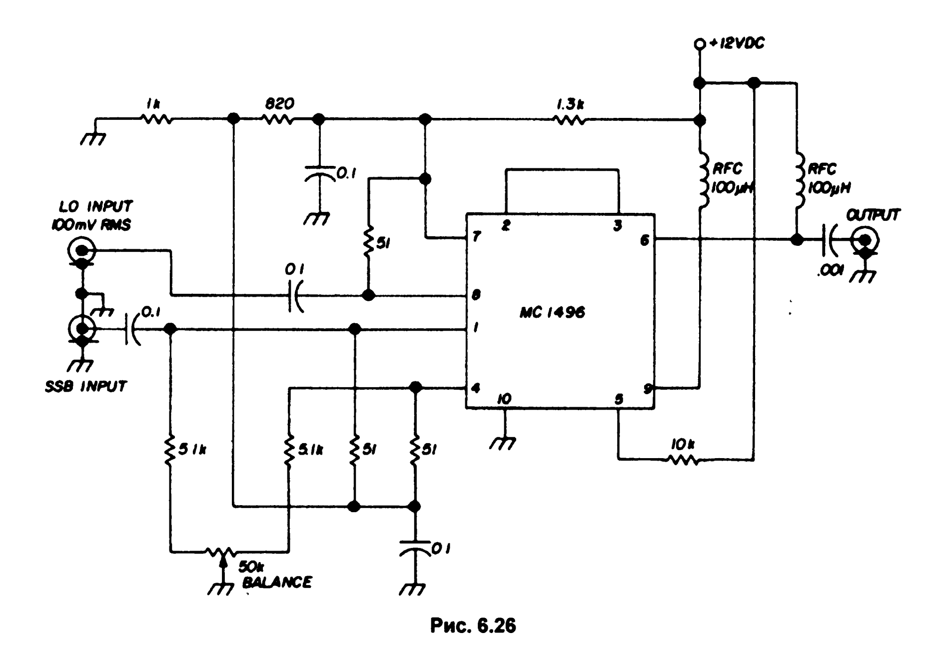


Рис. 6.26

Схема (рис. 6.26) используется в 80-метровом диапазоне SSB-приемопередатчика как в режиме передачи, так и в режиме приема. На вход "LO INPUT" подается сигнал с частотой 5—5,5 МГц от генератора перестраиваемой частоты. SSB-сигнал на вход "SSB INPUT" во время приема поступает от двухкаскадного ВЧ-усилителя на МОП-транзисторе.

6.27. Генератор перестраиваемой частоты на 5—5,55 МГц

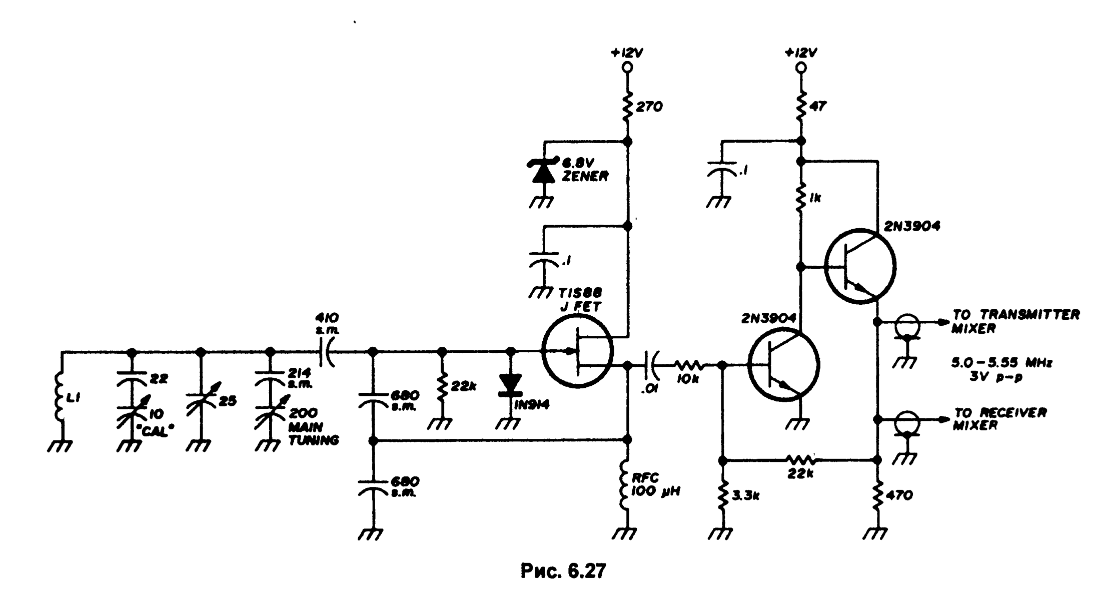


Рис. 6.27

Генератор (рис. 6.27) применяется как с приемником, так и передатчиком любительского приемопередатчика 20-метрового диапазона. Катушка L1 с индуктивностью 3,5 мкГн намотана на керамический 6-миллиметровый сердечник без подстроечного стержня. Точная регулировка индуктивности достигается с помощью изменения количества витков. Полевой транзистор, используемый в схеме, может быть также типа 2N4416 или MPF102 производства компании Motorola. Генератор перестраиваемой частоты (VFO) подключается к буферному усилителю с обратной связью, выполненному на паре транзисторов 2N3904 (тип транзистора некритичен).

6.28. Управляемая слогами передача речевых сообщений

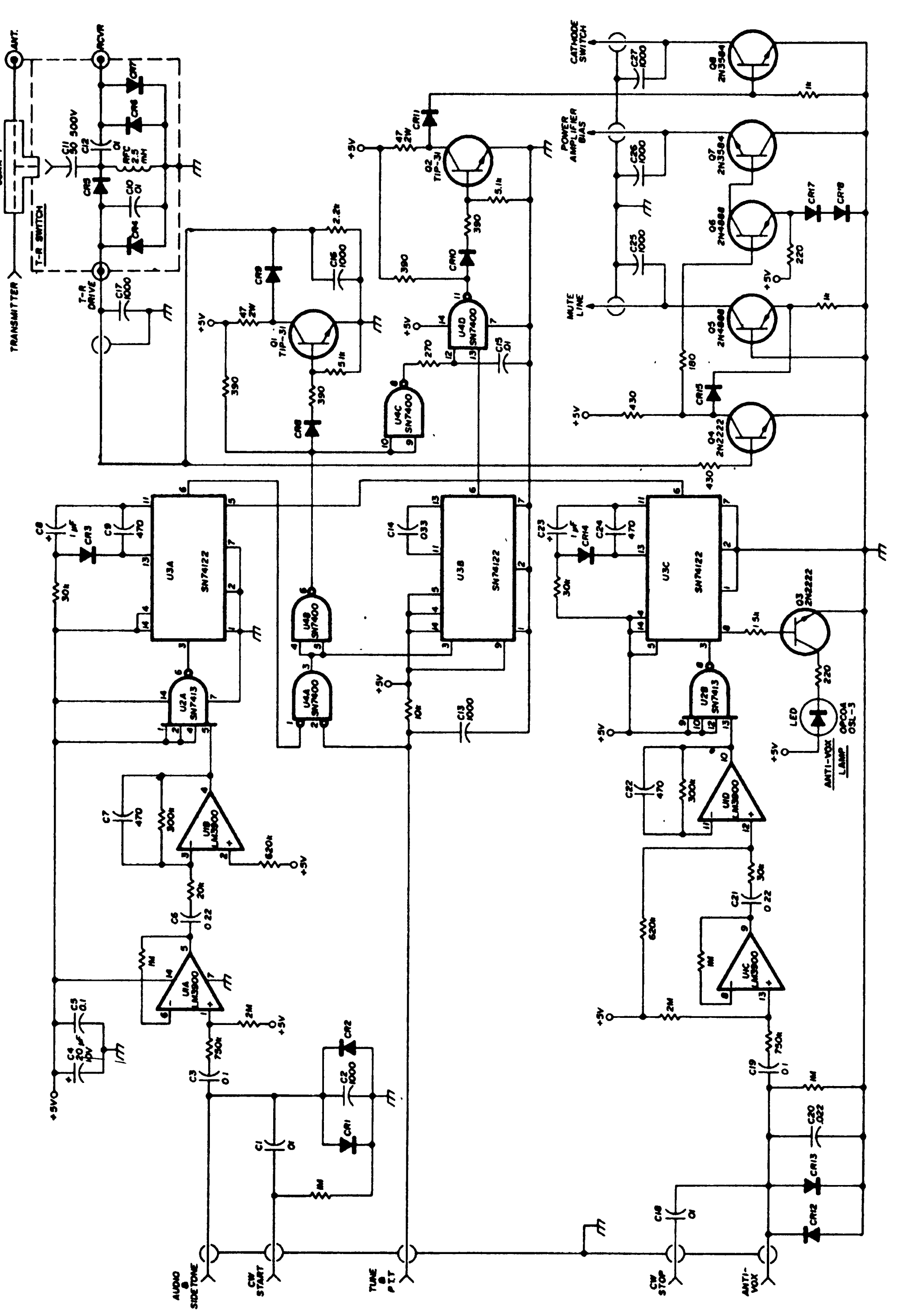


Рис. 6.28

Схема (рис. 6.28) позволяет осуществлять радиотелефонную связь без задержек и без обычных управляемых голосом реле. Транзисторные ключи исключают проблемы, связанные с дребезгом контактов. Схема спроектирована для применения в передатчике Т-Х4В и приемнике R-48 фирмы Drake. Дает возможность корреспондирующей станции работать при непрерывных колебаниях телеграфии. Так как посылаются только слова и слоги, то отсутствуют перенапряжение высокой частоты при передаче речевых сообщений и локальные посторонние шумы. Конечный усилитель включен только во время передачи. В любое другое время конечный усилитель выключен. В схеме используются диоды CR4—CR7, CR9 и CR11 типа 1N4004 или эквивалентные им. Все другие диоды — 1N914 или эквивалентные. Дроссель высокой частоты имеет индуктивность 2,5 мГн и рассчитан на ток 100 мА.

6.29. Смеситель передатчика

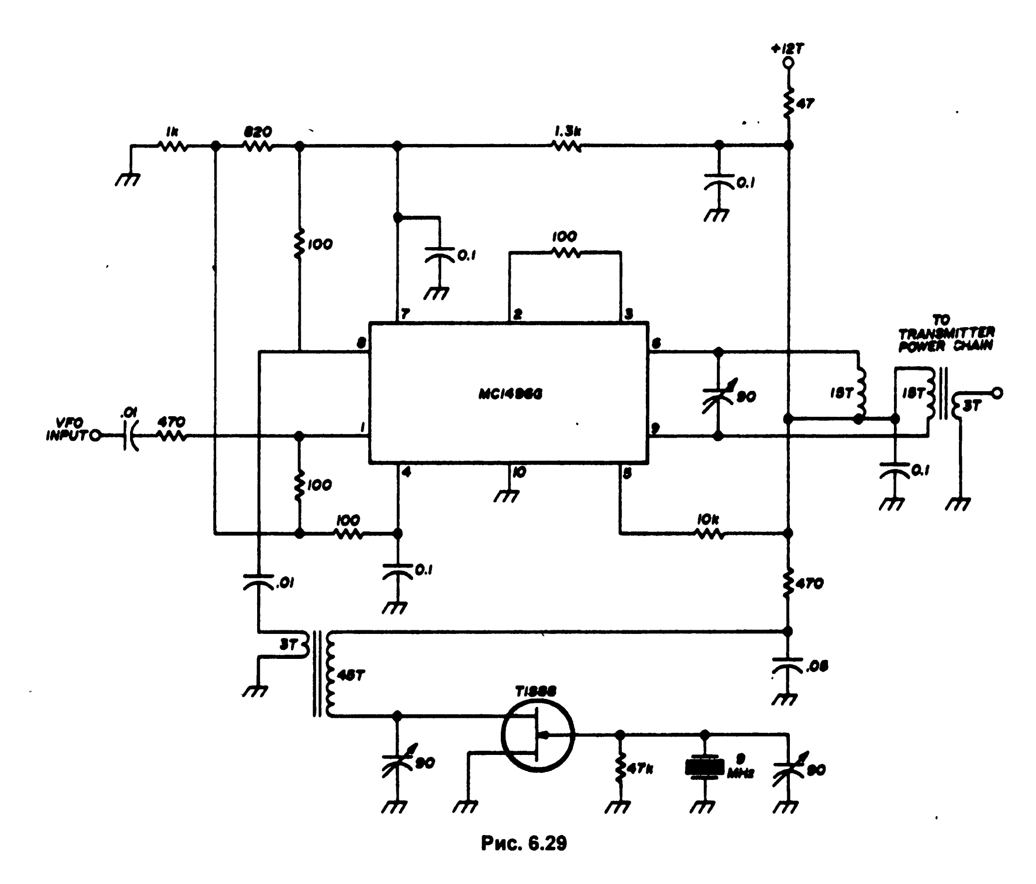


Рис. 6.29

Схема (рис. 6.29) может использоваться в маломощном приемопередатчике любительского 20-метрового диапазона. Сигнал с генератора перестраиваемой частоты, работающий в диапазоне от 5 до 5,55 МГц, поступает на вход "VFO INPUT" схемы и смешивается с частотой 9 МГц кварцевого генератора в микросхеме балансного модулятора-демодулятора MC1496G производства компании Motorola. На выходе схемы формируется сигнал с частотой 14 МГц, предназначенный для усилителя мощности передатчика. Ток от источника питания с напряжением +12 В потребляется только во время передачи. Трансформатор схемы должен наматываться на ферритовый сердечник Т-50-6 производства Amidon или эквивалентный. Согласование в смесителе создается с помощью уравновешенной схемы на выходе со средней точкой. Это достигается с помощью бифилярно (сложенных вдвое) намотанных и последовательно подключенных двух обмоток регулируемой катушки с 15 витками в каждой.

6.30. Переключатель "прием-передача"

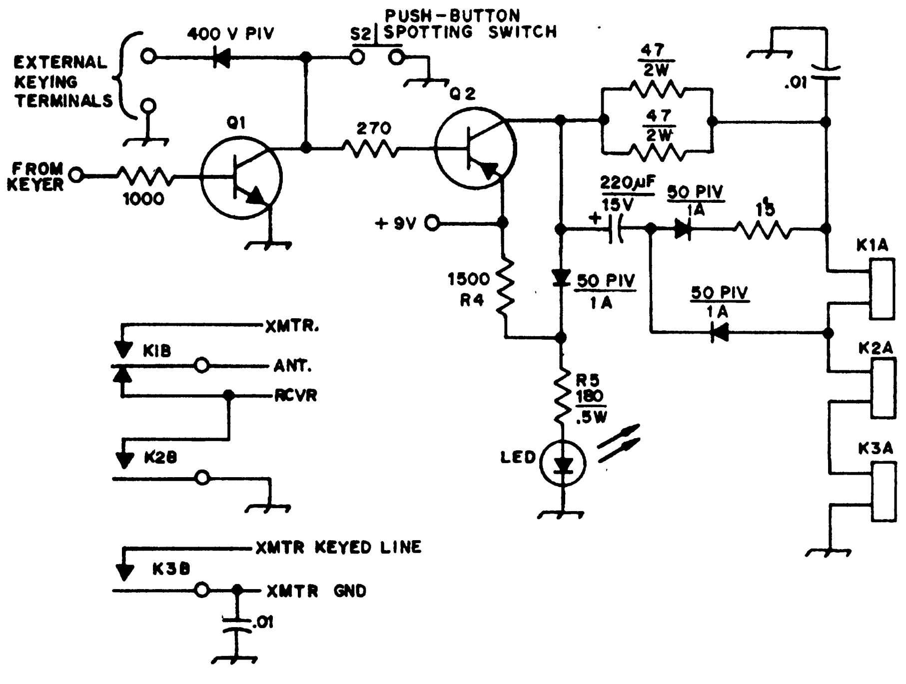


Рис. 6.30

Переключатель (рис. 6.30) состоит из транзисторов Q1 и Q2 и реле K1—K3, выполненных на основе герконов. Реле K1 переключает антенну приемника на передачу, реле K2 подключает вход приемника к заземлению и реле K3 управляет передатчиком. Катушка реле K1 имеет 400 витков эмалированного провода № 32, а катушки реле K2 и K3 — по 120 витков. Катушки наматываются непосредственно на стеклянный балончик геркона и проклеиваются эпоксидной смолой. При передаче светодиод светится.

6.31. Компенсатор температурного дрейфа частоты приемопередатчика

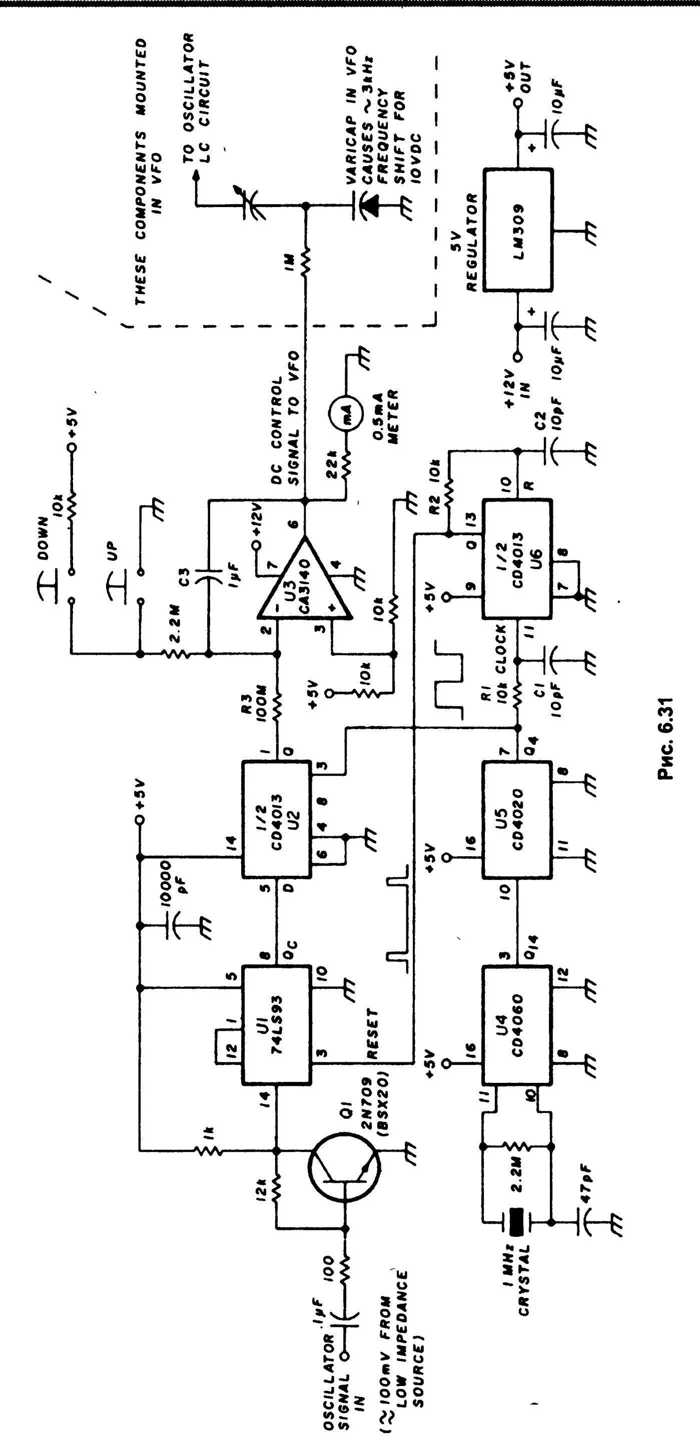
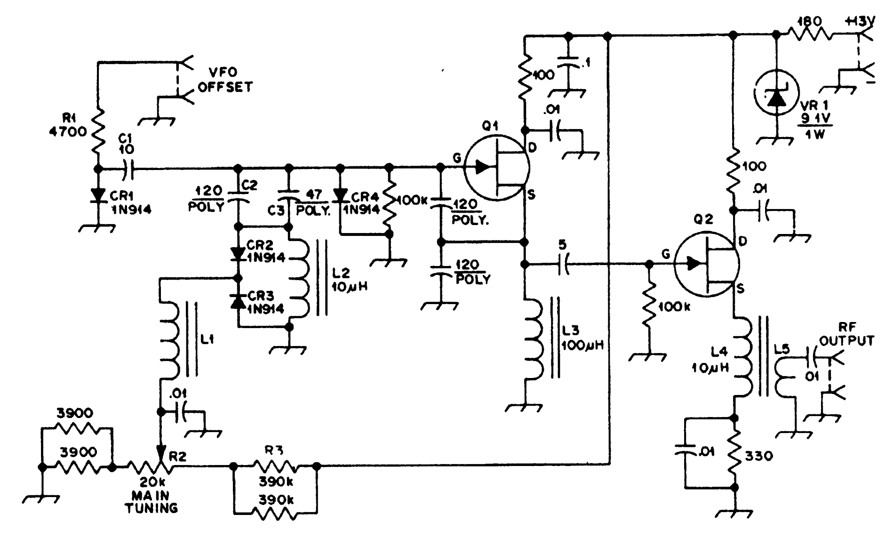


Рис. 6.31

Температурный дрейф частоты генератора приемопередатчика с генератором перестраиваемой частоты автоматически корректируется двоичным счетчиком U1 схемы (рис. 6.31) в интервале 0,26 сек (3,81 Гц), который определяется задающим кварцевым генератором на кварце с частотой 1 МГц и делителем на микросхемах U4—U5. С помощью кнопок "UP" (Вверх) и "DOWN" (Вниз) указанный интервал времени используется для приведения выхода интегратора U3 с пассивными времязадающими элементами R3C3 в рабочий диапазон после включения вручную.

6.32. Генератор перестраиваемой частоты на 7—7,1 МГц



CR1-CR4 — Small-signal silicon diodes, 1N914 or equiv.
J1-J3 — Phono jack.
L1 — Modified rf choke (Radio Shack 273 102). Remove original turns and replace with approximately 100 turns no. 28 enam. wire.
L2, L4 — Rf choke (Radio Shack 273-101).
L3 — Rf choke (Radio Shack 273-102).
L5 — 1 turn no. 28 enam. wire over L4.
Q1, Q2 — JFET (Radio Shack RS 2036 or equiv.).
R2 — Slide potentiometer, 20 kΩ (from Radio Shack 271-1601).
VR1 — Zener diode, 9.1 V, 1 W.

Рис. 6.32

Полевой транзистор Q1 схемы (рис. 6.32) работает как генератор с частотой, которая определяется конденсатором C2, индуктивностью L2, диодами CR2 и CR3. Диоды, смещенные в обратном направлении, работают как зависимые от напряжения емкости. Уровень смещения, устанавливаемого с помощью потенциометра R2, определяет их емкость и, следовательно, частоту генератора. Генератор перестраиваемой частоты работает как при передаче, так и при приеме. При передаче напряжение в точке соединения резистора R1, конденсатора C1 и диода CR1 практически отсутствует. Таким образом, существует только небольшое влияние этих элементов на частоту генератора. При приеме приложенное напряжение 12 В к резистору R1 влияет на то, что диод CR1 открывается и конденсатор C1 частотно-определяющей цепи будет подключаться к нулевому проводу. Это приводит к изменению частоты генератора примерно на 100 кГц от рабочей частоты, для того чтобы приемник не запирался. Транзистор Q2 является буфером между генератором и передатчиком. Стабилитрон VR1 на напряжение 9,1 В предназначен для питания генератора и буферного каскада.

6.33. Схема поиска станций в 2-метровом диапазоне с шагом 500 кГц

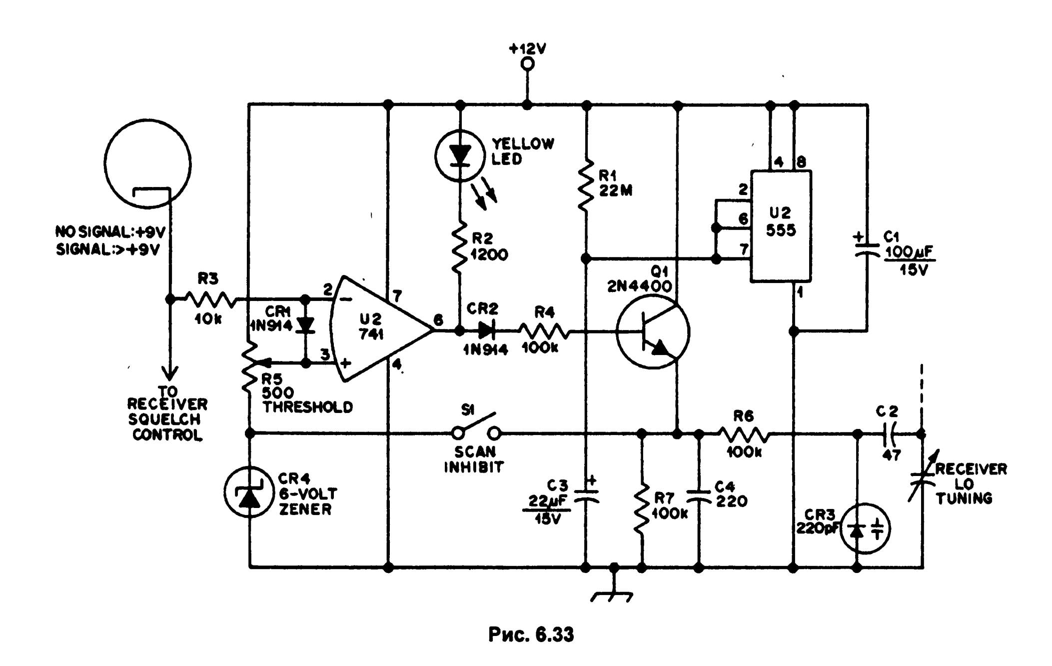


Рис. 6.33

Схема поиска (рис. 6.33), которая добавляется к приемопередатчику 2-метрового диапазона, позволяет за 2 секунды выполнить поиск станций по всему диапазону с шагом 500 кГц. Если сигнал на входе от шумоподавителя приемника достаточно сильный, то генератор качающейся частоты останавливается и приемник фиксируется на станцию. Резистор R4 и конденсатор C3 определяют частоту опроса. С помощью резистора R1 устанавливается надежное фиксирование (захватывание) станции. Если приемник настроился на станцию, то сигнал, поступающий с шумоподавителя приемника, на резисторе R3 будет более 9 В, и на выходе микросхемы U2 при этом формируется сигнал низкого логического уровня, включается светодиод и снимается напряжение с резистора R4. Если сигнал станции пропадает, то выход микросхемы U2 переходит на высокий логический уровень и поиск продолжается.

6.34. Применение угольного микрофона в транспортном средстве

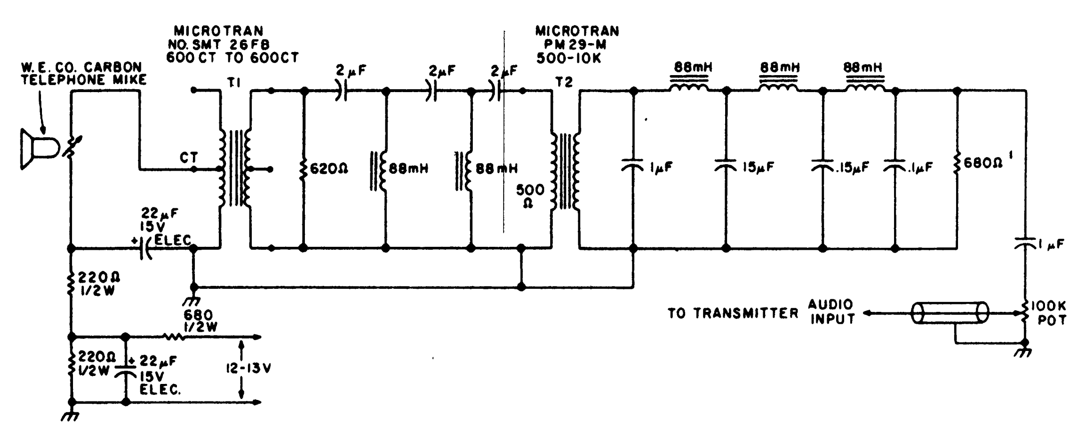


Рис. 6.34

Фильтр схемы (рис. 6.34) улучшает свойства обычного угольного микрофона, который взят из телефона и может использоваться в приемопередатчике транспортного средства. Необходимое рабочее напряжение 3,5 В для угольного микрофона формируется резисторами схемы, а при помощи фильтра подавляются помехи, которые возникают при работе генератора +12-вольтового источника напряжения транспортного средства. Напряжение выходного сигнала фильтра потенциометром с сопротивлением 100 кОм уменьшается от 0,25 мВ до значения, которое необходимо для передатчика.

6.35. Устройство опроса с переменным поиском

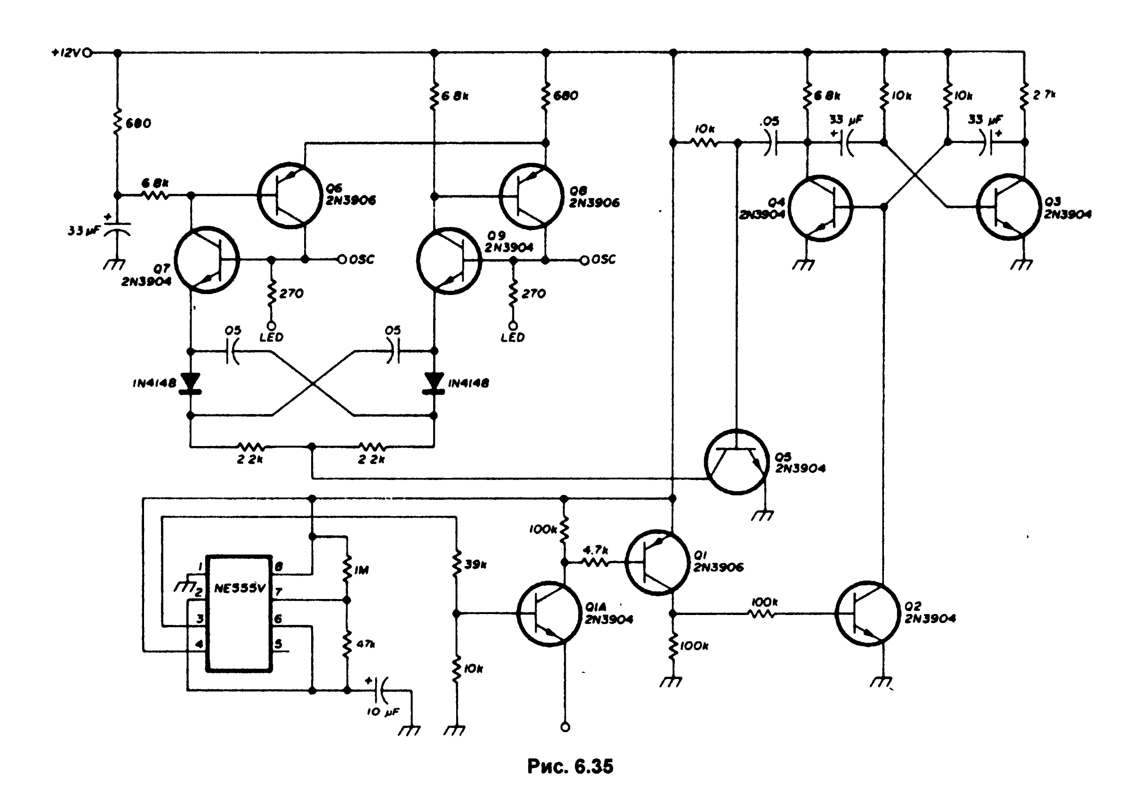


Рис. 6.35

Схема (рис. 6.35) позволяет осуществить комбинированный опрос станций между 2 каналами с периодическим переменным поиском, чтобы препятствовать устройству фиксироваться на одном канале в течение длительного времени. Таймер NE555 предназначен для автоматического управления устройством таким образом, что частоты в каждом канале могут проверяться, по меньшей мере, каждые 15 сек. Если устройство опроса расширить до 4 каналов, то общее время контролирования будет не более 1 мин.

6.36. Схема высокоскоростной передачи речевых сообщений

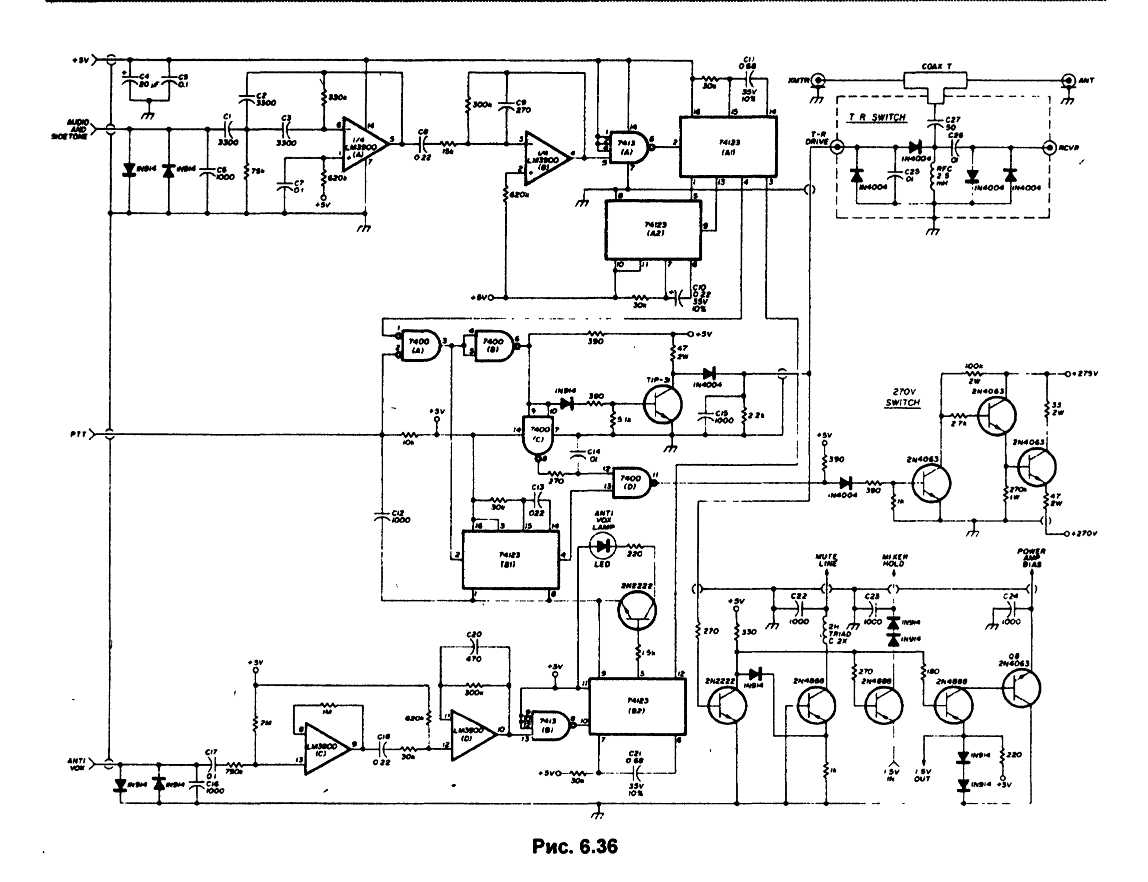


Рис. 6.36

Применение транзисторных ключей схемы (рис. 6.36), управляемых речевыми паузами, предназначенных для быстрого переключения функций приемопередатчика в режим "Передача", повышает эффективность SSB-станции. Беседа, по сути, похожа на телефонный разговор. Логическая схема антенного переключателя "прием-передача", выполненная на диодах, осуществляет фактическое переключение на 200 мкс прежде, чем появляется высокая частота, что достигается приложенным постоянным напряжением, которое делает диод проводящим. На входе схемы используется усилитель на микросхеме LM3900 с фильтром верхних частот.

6.37. Тюнер диапазона 3—3,5 МГц на варикапе

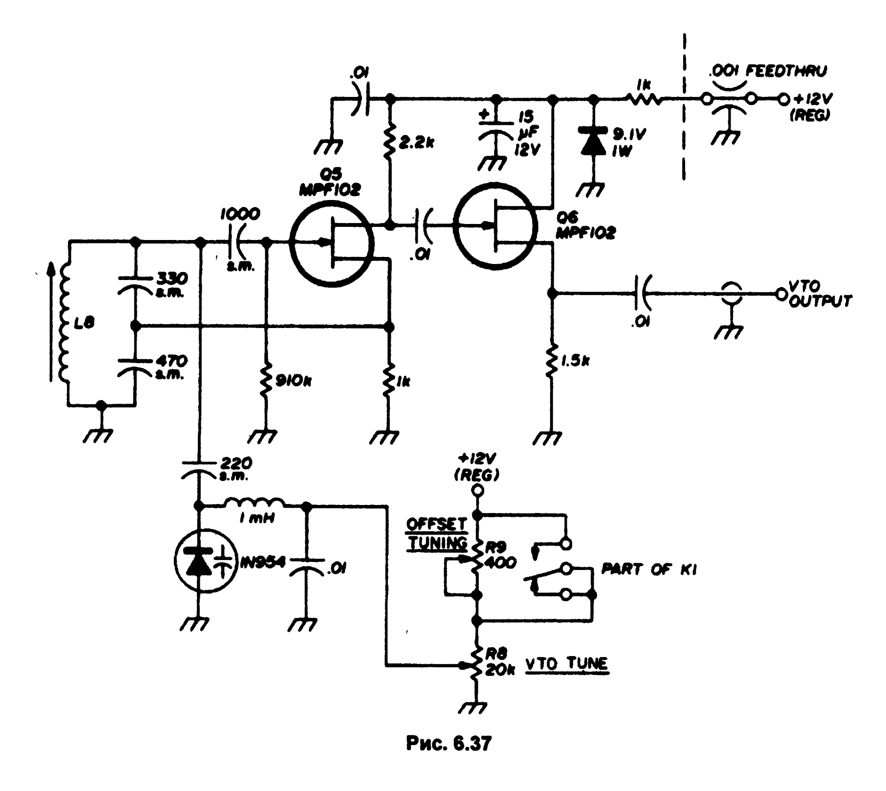


Рис. 6.37

Регулируемый генератор на транзисторе Q5 схемы тюнера, предназначенной для SSB-приемопередатчика 80-метрового диапазона, настраивается с помощью варикапа 1N594 (рис. 6.37). Полевой транзистор Q6 MPF102 включен по схеме истокового буферного повторителя. С помощью потенциометра R8, с приведенным на схеме значением, настройка тюнера осуществляется в диапазоне 3,045—3,545 МГц. В схеме должен использоваться хорошо стабилизированный источник с напряжением 12 В. Потенциометр R9 позволяет осуществить подстройку напряжения смещения в зависимости от режима "Прием" или "Передача". K1 — реле, с помощью которого переключается рабочее напряжение и антенна из режима передачи на прием. В схеме применяется катушка L8, содержащая 40 витков провода № 32, намотанных на 1/4 -дюймовом регулируемом сердечнике.

6.38. Переключатель "прием-передача"

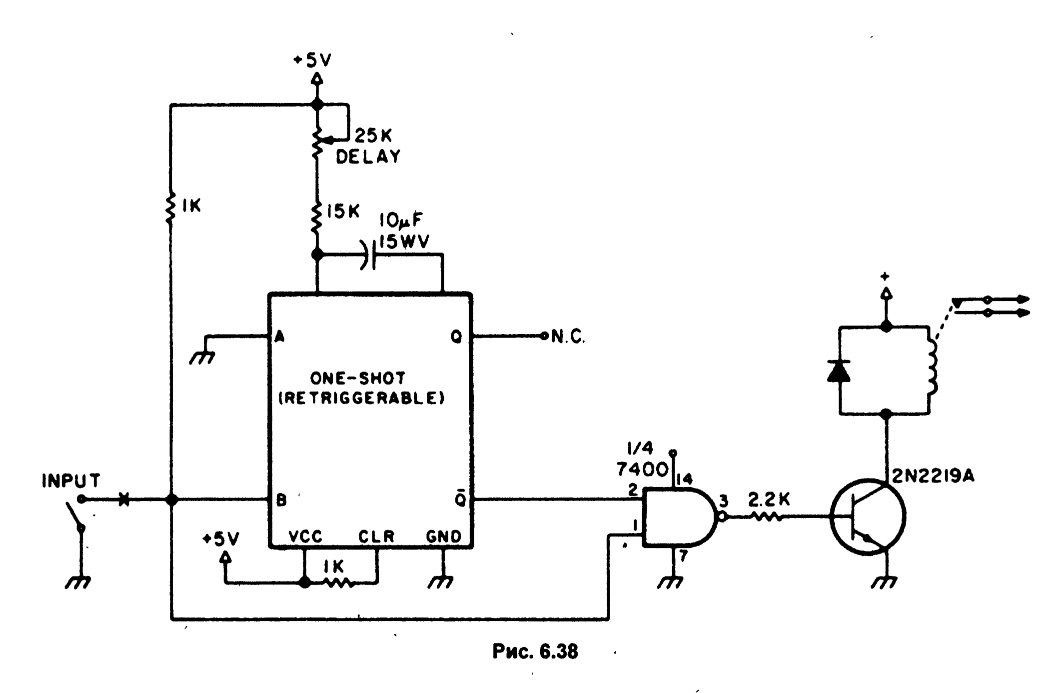


Рис. 6.38

Простой переключатель "передача-прием" (рис. 6.38) выполнен на одновибраторе на микросхеме 74122 и логическом элементе И-НЕ. Если вход логической схемы переходит на низкий логический уровень (во время нажатия телеграфного ключа или разговора), транзистор открывается и реле включается. Катушка реле остается притянутой на срок, который устанавливается потенциометром "DELAY", чтобы поддерживать состояние "Передача" между точками или тире или другими паузами.

6.39. Опрашивающее устройство для 2-метрового диапазона

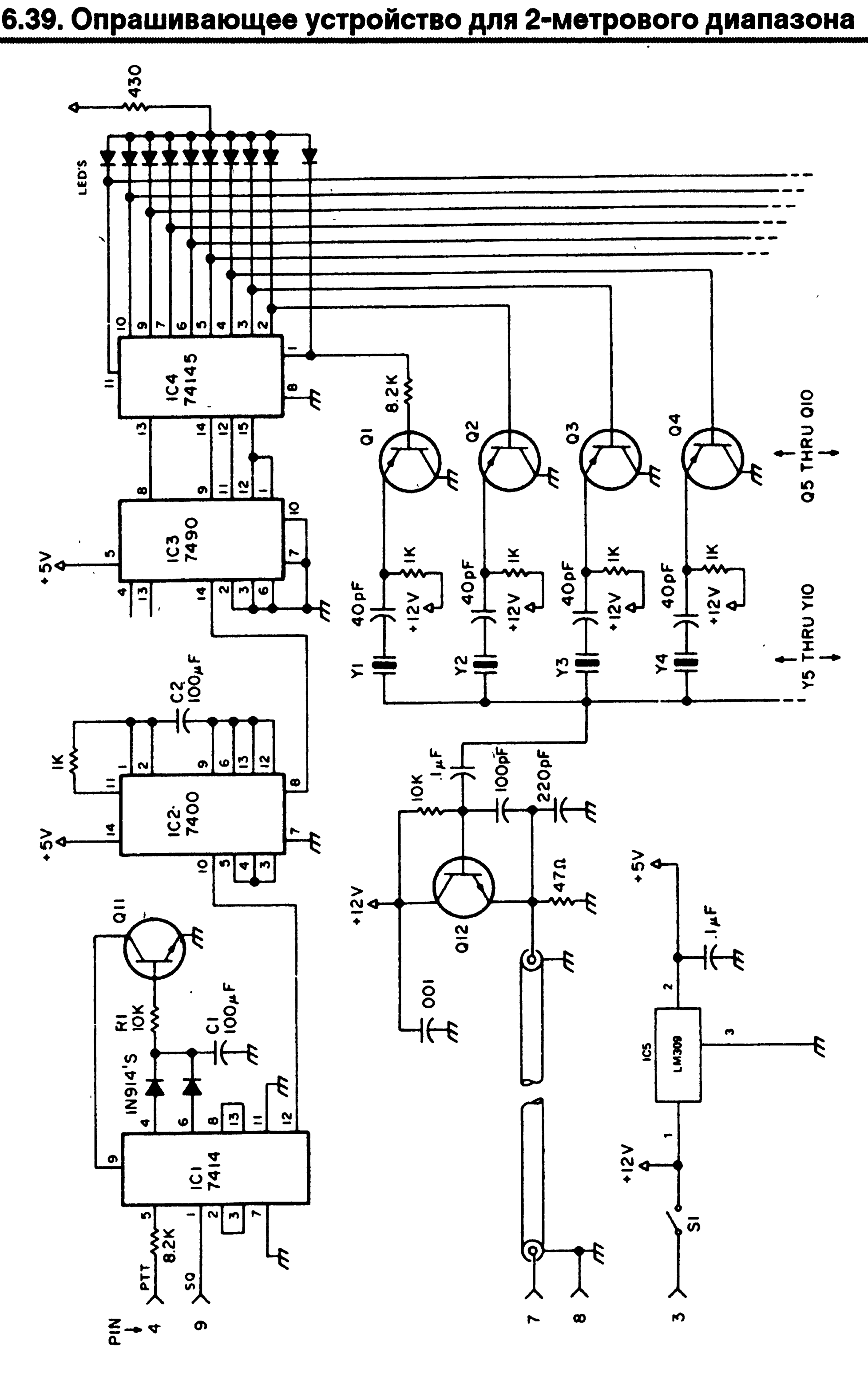


Рис. 6.39

Устройство (рис. 6.39) разработано для применения с синтезатором частот для передающих и принимающих сигналов от 4 приемников и 6 других каналов 2-метрового любительского диапазона. Контакты левого штекера связаны с гнездом синтезатора Icom IC-230 для подключения внешнего генератора перестраиваемой частоты, который работает в диапазоне между 11,255 и 12,255 МГц. Транзисторы Q1—Q10, используемые в схеме, могут быть 2N3638 или эквивалентные им, Q11 — любой кремниевый *n-p-n*-транзистор, например, 2N2102 и Q12 — 2N2102. Светодиоды LED работают от +12 В. При работе сканер останавливается на активном канале и снова начинает опрос через 5 сек после выключения режима передачи канала.

6.40. Переключатель "прием-передача" на PIN-диодах

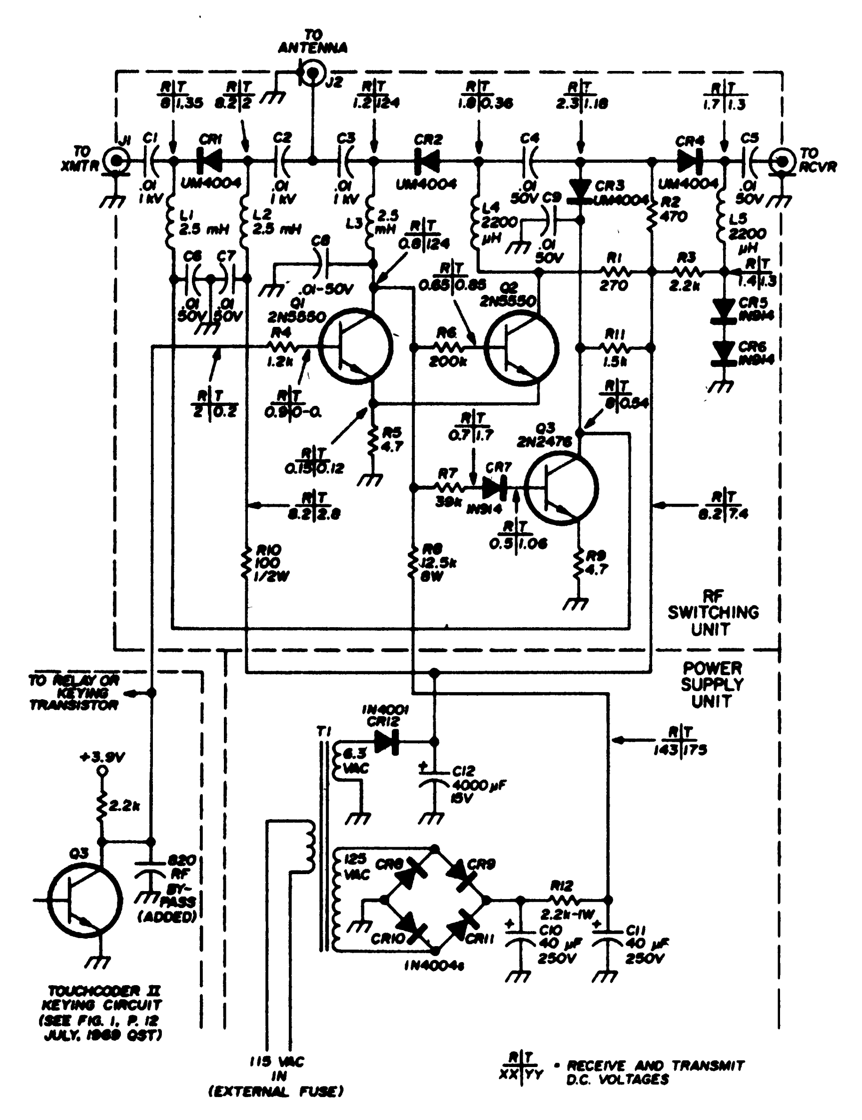


Рис. 6.40

Полупроводниковый переключатель "прием-передача" (рис. 6.40) работает при очень высоких скоростях телеграфного ключа и мощности передатчика до 100 Вт во время переключения антенны от приемника к передатчику. В схеме используются PIN-диоды UM4004 (регулируемые резистивные ВЧ-диоды), у которых имеются потери сигнала 0,2 дБ в прямом направлении и 30 дБ затухания в обратном направлении. Во время передачи через диод CR1 протекает ток 45 мА, а диод CR2 закрыт в обратном направлении с помощью напряжения 124 В. Схема спроектирована так, что управляется от коллектора схемы телеграфного ключа TOUCHCODER II (отчеркнуто штриховой линией внизу слева), но в принципе может быть использован и любой другой ключ, работающий в телеграфии при передаче (T) и приеме (R).

6.41. Регулировка с дистанционным управлением

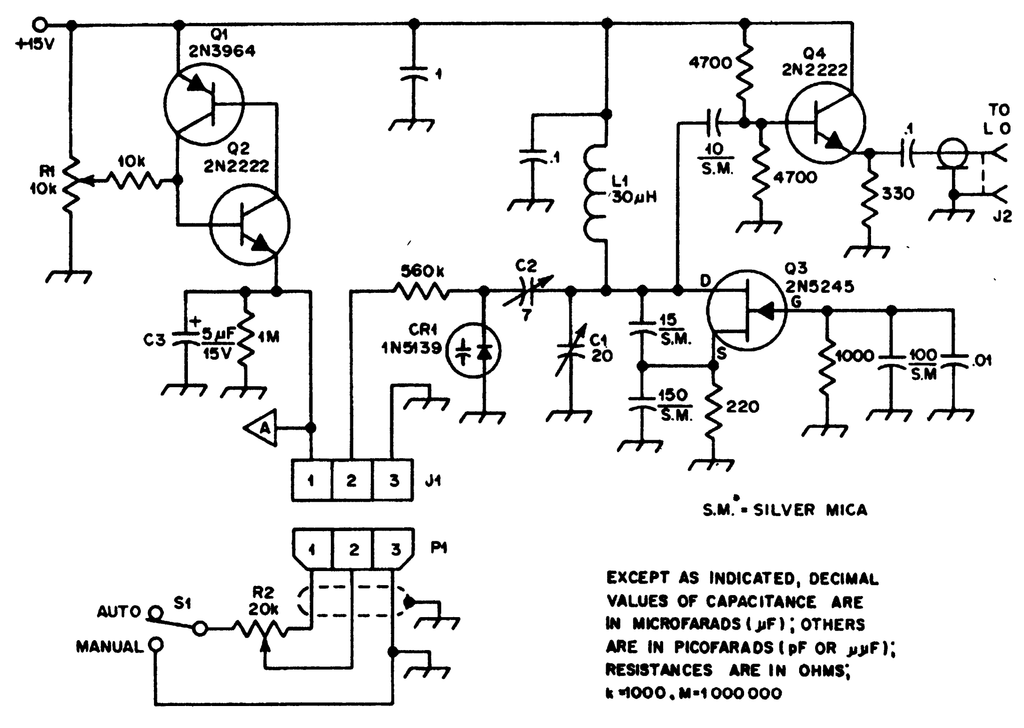


Рис. 6.41

Простой генератор поиска и генератор управляемый напряжением (VCO) схемы (рис. 6.41), работающий в диапазоне 5—5,5 МГц, облегчают ручную или автоматическую дистанционную настройку приемопередатчика 6-метрового диапазона для быстрого нахождения свободных радиочастот, отстоящих на несколько килогерц от частоты настройки приемника. Для настройки переключатель S1 переводят в режим "MANUAL" (Ручной) и потенциометр R2 поворачивается полностью в направлении против часовой стрелки. Тогда осуществляется настройка на самую низкую частоту приема. В этом случае регулировкой конденсатора C1 устанавливают на середину ПЧ-радиополосы. При установке потенциометра R2 по часовой стрелке до упора на вход приемника подается наивысшая частота, и сигнал с помощью конденсатора C2 снова регулируется на середину полосы. При переводе переключателя S1 в положение "AUTO" (Автоматический) потенциометр R1 определяет наивысшую настраиваемую частоту. Если скорость поиска станции слишком низка, то значение емкости конденсатора C3 должно уменьшаться. Точка "А" используется для подключения к осциллографу через буферный каскад для показа на экране сигналов, которые формируются при поиске.

6.42. Устройство для опроса радиоканалов

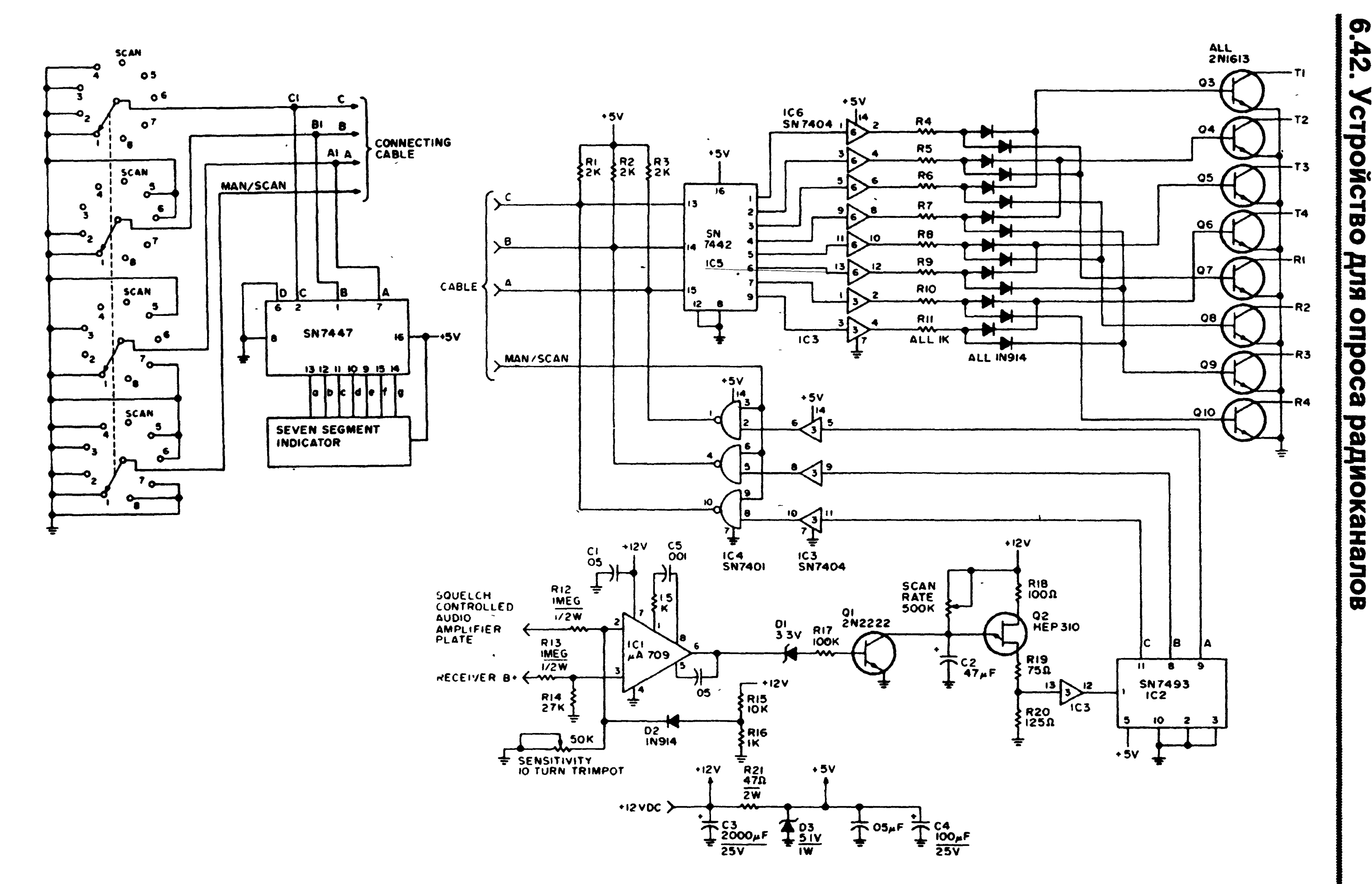


Рис. 6.42

Схема, представленная на рис. 6.42, имеет 8 возможных комбинаций, состоящих из 4 для передающих и 4 для приемных частот. В устройстве используется цифровое управление и применяется всего лишь 4 управляющих провода. Схему устройства возможно применять в мобильном коммерческом 4-канальном ЧМ-приемопередатчике. Таким образом, при работе могут сканироваться до 8 радиоприемных каналов. В схеме используется преобразователь двоично-десятичного кода в десятичный код, выполненный на микросхеме SM7442. Если во время опроса принимается сигнал, то схема, управляемая несущей частотой, останавливает тактовый генератор, а индикатор при этом показывает номер принимаемого канала. Тактовый генератор выполнен на однопереходном транзисторе Q2 с 500-килоомным потенциометром, с помощью которого устанавливается частота опроса каналов.

6.43. Схема генератора с кварцевыми резонаторами на 76,25 и 81,6 МГц

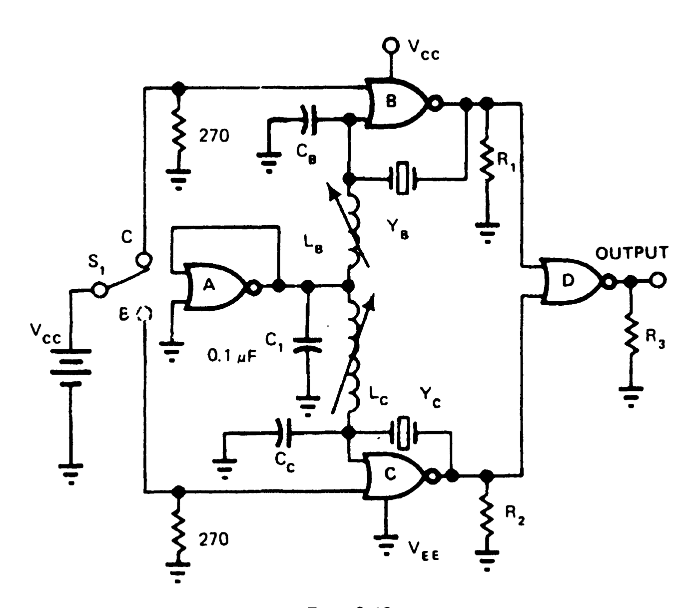


Рис. 6.43

Микросхема МС10102 (рис. 6.43), состоящая из четырех одинаковых логических элементов ИЛИ-НЕ с эмиттерно-связанной логикой, обеспечивает нужные переключения между двумя кварцевыми резонаторами, как это необходимо при переключении приемопередатчика из режима приема на передачу. Уровень выходного сигнала микросхемы (примерно 0,8 напряжения V_{SS}) позволяет легко подключаться к 50-омной нагрузке. Выходной сигнал полностью буферизирован от генераторного каскада. Логический элемент А создает смещение для генераторов на логических элементах В и С. В схеме используются резисторы R_1–R_3 с сопротивлением 270 Ом. Кроме того, используется кварц Y_B — 81,6 МГц с катушкой L_B индуктивностью 97 нГн и конденсатором C_B емкостью 39 пФ, и кварц Y_C — 76,25 МГц с катушкой L_C индуктивностью 104 нГн и конденсатором C_C емкостью 39 пФ.

6.44. Опрашивающее устройство для приемопередатчика 2-метрового диапазона

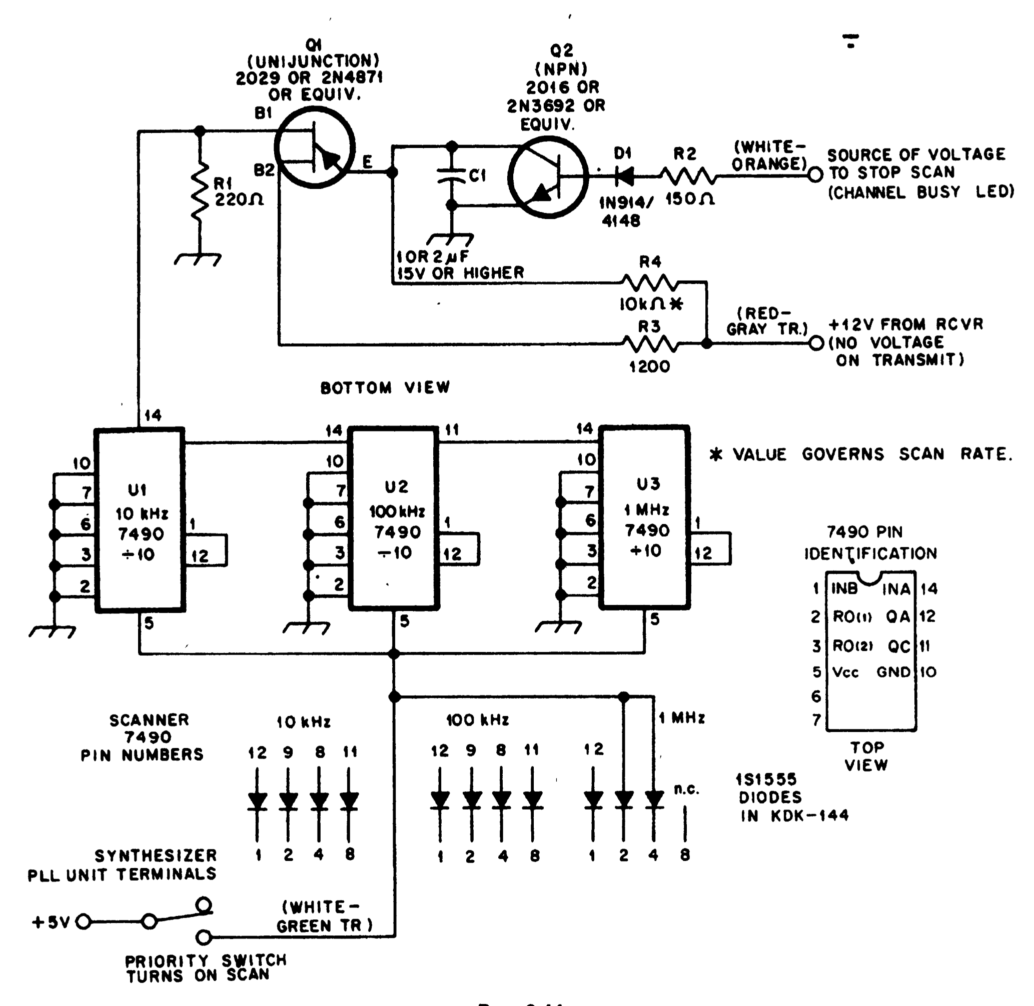


Рис. 6.44

Устройство (рис. 6.44) спроектировано для применения совместно с 2-метровым любительским приемопередатчиком KDK-144 для возможности автоматического поиска станций между частотами 146 и 147,990 МГц. Если приемопередатчик переключается в режим приема, то с помощью переключателя, показанного внизу схемы, напряжение +5 В постоянного тока подается на десятичные счетчики 7490 U1, U2 и U3 для их питания и активации процесса опроса. Если сигнал на входе схемы достаточно большой, то опрос останавливается, поскольку останавливается релаксационный генератор на однопереходном транзисторе Q2, т. к. после открытия подключенного по схеме Дарлингтона транзистора Q1 замыкается накоротко времяопределяющий конденсатор C1 емкостью 1—2 мкФ.

6.45. Переключатель антенны "прием-передача"

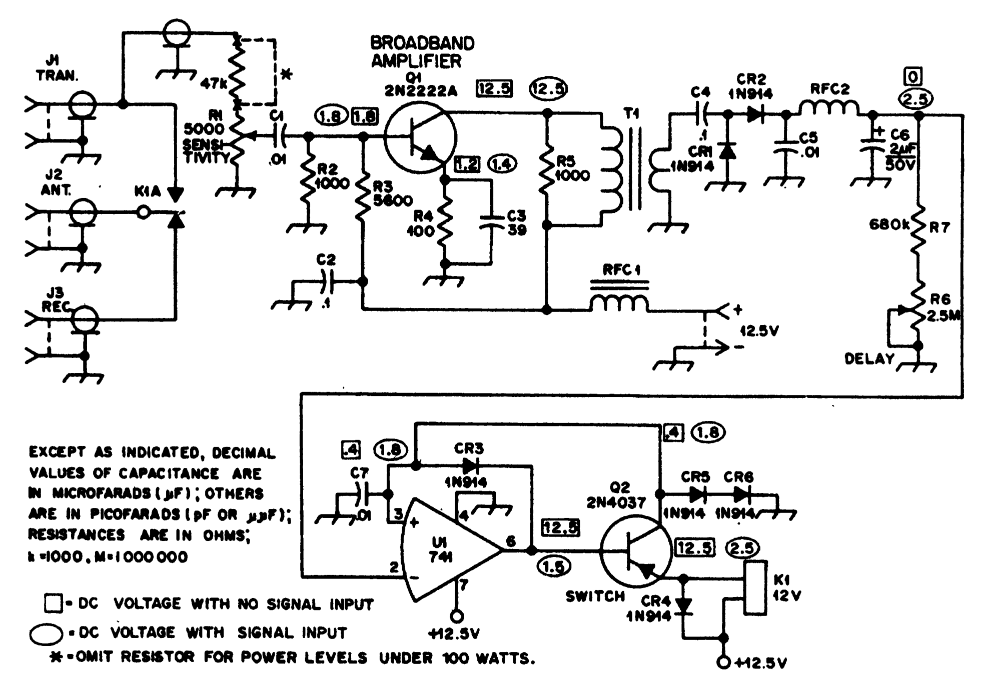


Рис. 6.45

Показанная на рис. 6.45 схема фиксирует наличие высокой частоты на выходе передатчика и мгновенно автоматически переключает антенну с приема на передачу. В передатчике или приемнике никаких изменений выполнять не требуется. Делитель напряжения, выполненный на потенциометре R1, позволяет использовать приведенную схему практически при любой выходной мощности ВЧ-передатчика. Сигнал с широкополосного усилителя на транзисторе Q1 через широкополосный трансформатор T1, выполненный на кольцевом сердечнике, подается на выпрямитель на диодах CR1—CR2. Если на входе имеется сигнал высокой частоты, то инвертирующий усилитель U1 открывает транзистор Q2, ток которого возбуждает катушку реле K1, а оно уже подключает антенну к передатчику. В том случае, если на входе усилителя U1 отсутствует сигнал выпрямленной высокой частоты, то транзистор Q2 закрывается, а антенна подключается к приемнику. В схеме применяются индуктивности RFC1 и RFC2, которые имеют 42 витка эмалированного провода № 28 и ферритовый сердечник Amidon FT-50-43. В трансформаторе T1 используется сердечник Amidon FT-50-43 с 25 витками эмалированного провода № 28 для первичной и 5 витками такого же провода вторичной обмотки.

6.46. Генератор меток

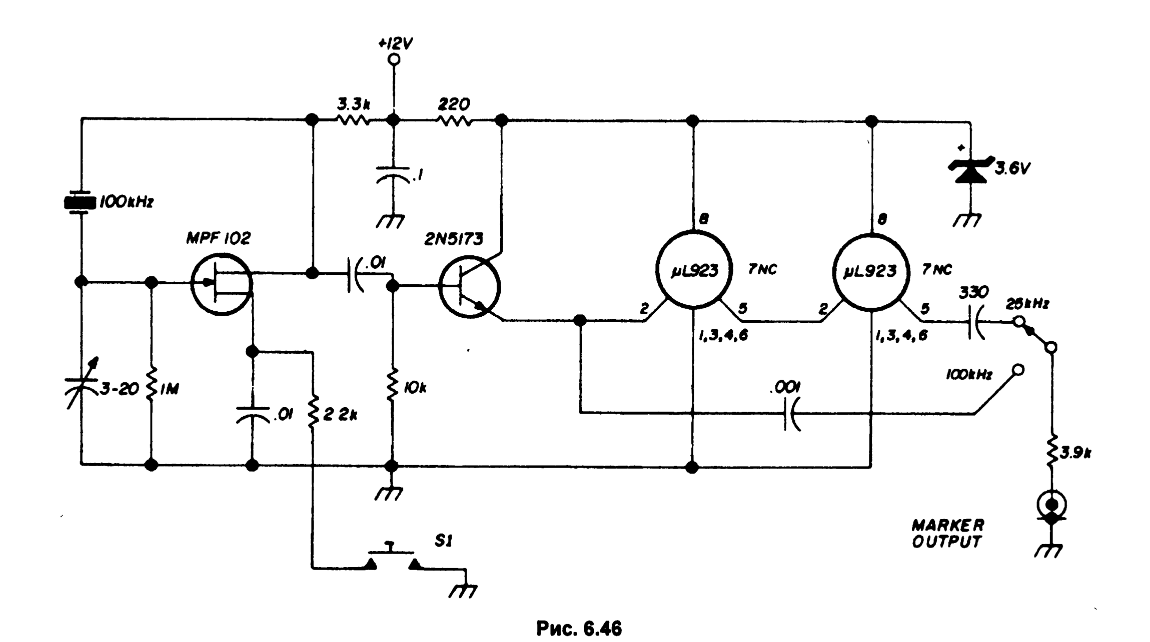


Рис. 6.46

Схема генератора меток частоты с кварцевой стабилизацией (рис. 6.46), предназначенная для SSB-приемопередатчика 80-метрового диапазона, позволяет с помощью переключателя на передней панели выбрать две частоты меток: 25 или 100 кГц. После кратковременного нажатия кнопки S1 активируется схема кварцевого генератора на полевом транзисторе. Два JK-триггера µL923 делят частоту сигнала генератора на 4, т. е. с частоты 100 до 25 кГц. Подстроечный конденсатор (триммер) емкостью 3—20 пФ необходим для подстройки частоты кварцевого генератора.

7. Схемы передатчиков

В главе рассмотрены схемы, которые разрабатывались специально для использования с AM-, ЧМ- и CW-передатчиками для любительской, морской, спутниковой, длинноволновой, авиа и других видов связи. Диапазон мощности простирается от долей ватта для маломощных CW-передатчиков и до мощных передатчиков более 2 кВт EME-связи. В главу также включены схемы для измерения мощности ВЧ-сигналов.

7.1. Транзисторы вместо генераторных и ВЧ усилительных радиоламп

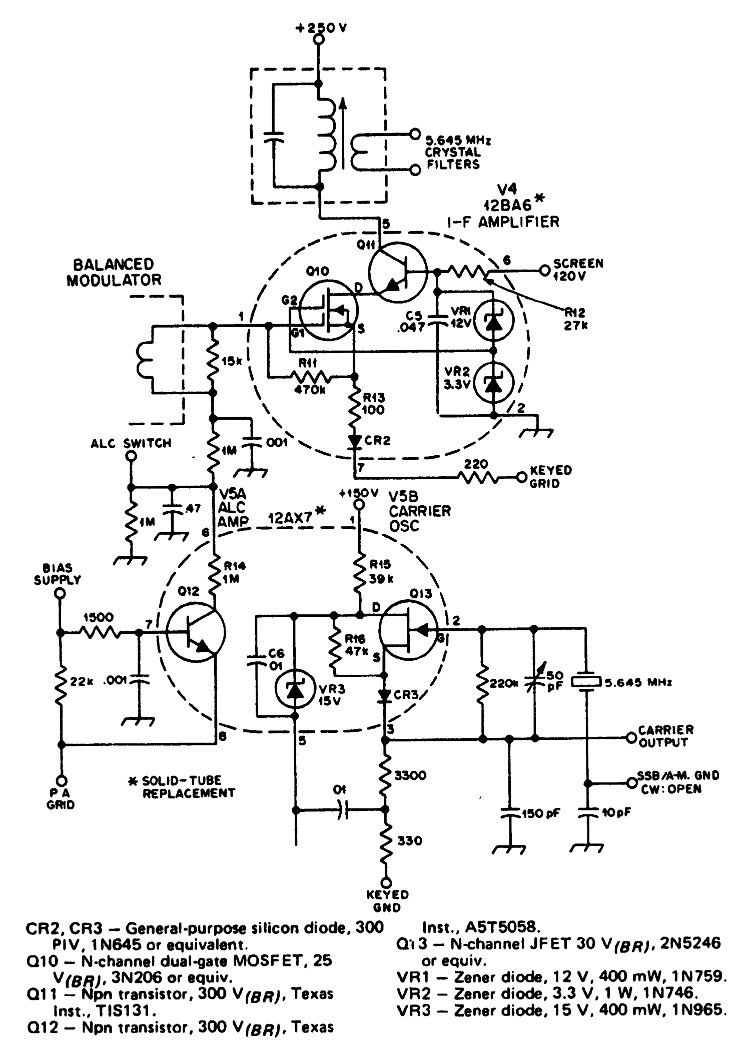


Рис. 7.1

На рис. 7.1 представлена схема замены ламп приемопередатчика T-4XB Drake эквивалентными полупроводниковыми схемами, которые монтируются на стандартных 7- и 9-контактных миниатюрных ламповых панельках. Усилитель V4 использует полевой транзистор с двойным затвором, *n-p-n*-транзистор Q11, диод CR2 и стабилитроны, которые содействуют защите от высоких напряжений *n-p-n*-транзистора Q11. Генератор несущей частоты V5B использует отдельный полевой транзистор с *n*-каналом (JFET) с высоким коэффициентом усиления для низких напряжений со стабилитроном VR3 для рабочего напряжения, подключенного к заземлению в оригинальной схеме. Возникающие в точке "KEYED GND" более высокие напряжения устраняются диодом CR3 и резистором R16. Усилитель АРУ V5A имеет отдельный высоковольтный транзистор Q12. Резистор R14 имитирует анодное сопротивление лампы 12AX7 для сохранения НЧ-характеристики.

7.2. Источник напряжения 3 кВ мощностью 2 кВт

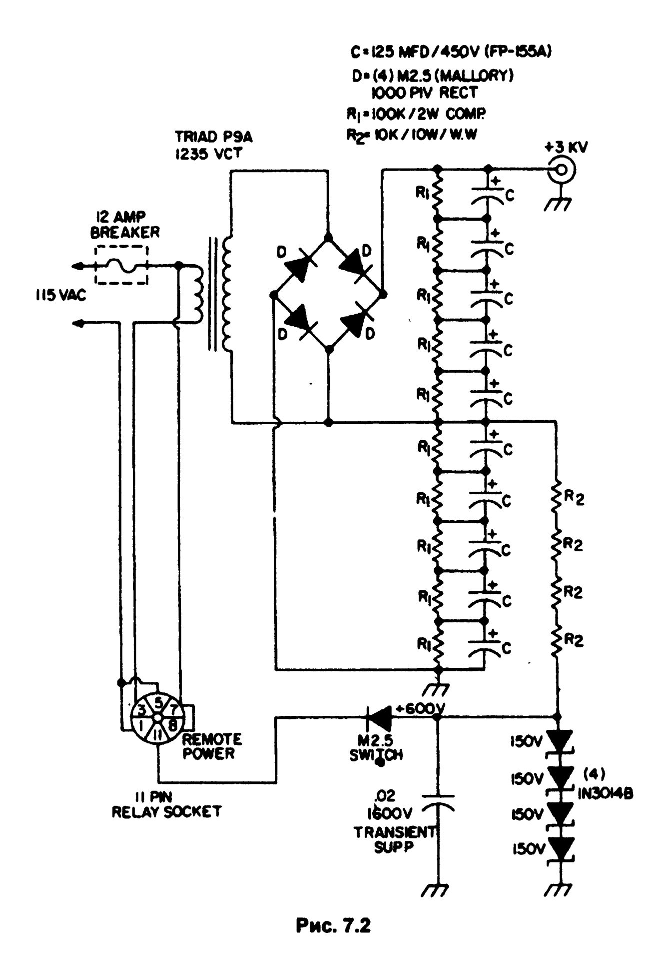


Рис. 7.2

Схема источника (рис. 7.2) разработана для питания линейного 1-киловаттного усилителя, который используется в 2-метровом диапазоне EME-связи.

7.3. Передатчик мощностью 5 Вт на полевых транзисторах

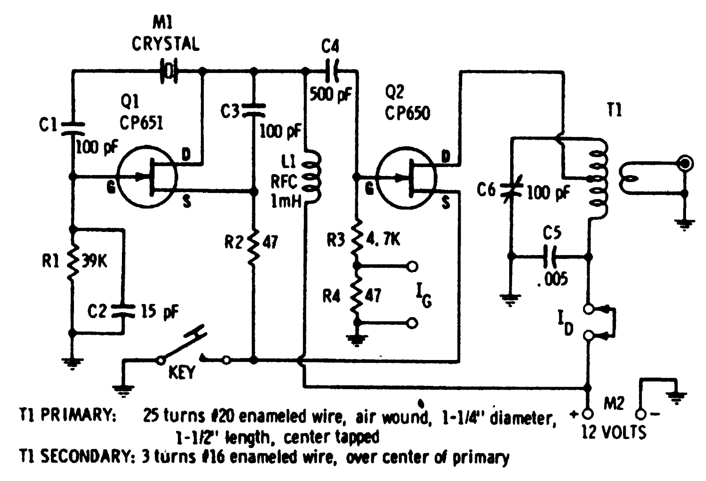


Рис. 7.3

С приведенными на схеме значениями (рис. 7.3) работа передатчика возможна в любительском 40-метровом диапазоне. Задающий генератор выполнен на полевом транзисторе Q1 с кварцевой стабилизацией частоты. Сток мощного полевого транзистора Q2 связан со средним отводом первичной обмотки резонансно-емкостного контура.

7.4. Передатчик малой мощности на 144 МГц

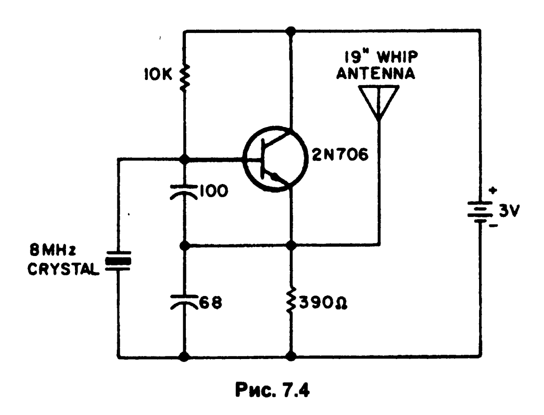


Рис. 7.4

Схема (рис. 7.4) может использоваться в качестве источника сигнала малой мощности для настройки приемников 2-метрового диапазона или предусилителей, когда отсутствуют передающие станции.

7.5. Схема линейного усилителя мощностью 4 Вт

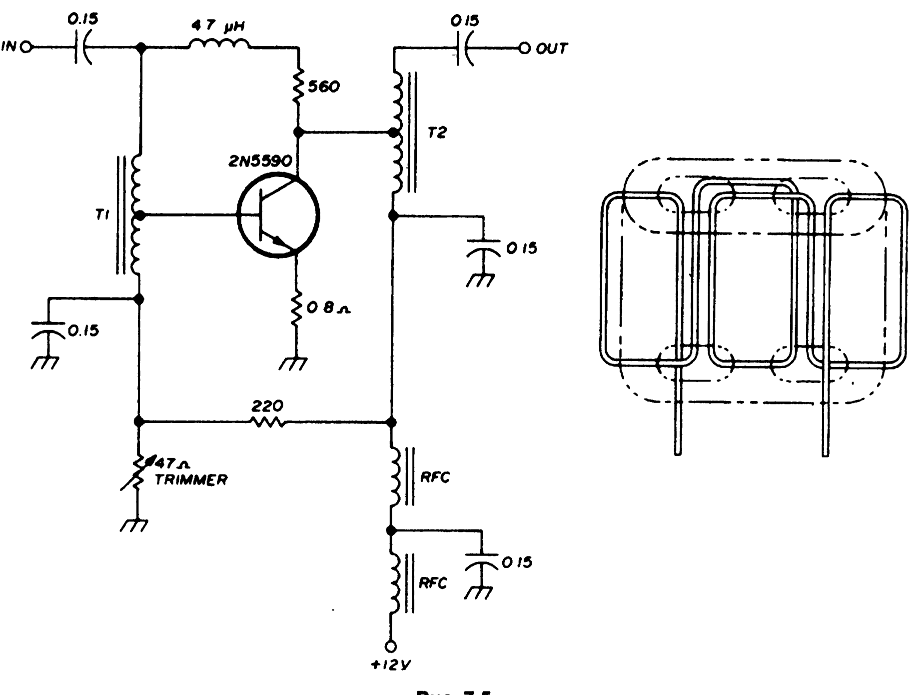


Рис. 7.5

Представленная схема (рис. 7.5) имеет выходную мощность 4 Вт в ВЧ-диапазоне частот от 300 кГц до 30 МГц и используется в выходном каскаде QRP-передатчика малой мощности или как задающий генератор для передатчика с более высокой мощностью. Диапазон частот определяется на уровне, при котором коэффициент усиления уменьшается на 3 дБ, и поэтому схема вполне пригодна для работы в 6-метровом диапазоне. Выход схемы может быть либо замкнут накоротко, либо может быть открытым даже при полной мощности. Широкий частотный диапазон и стабильность характеристик достигается за счет сильной отрицательной обратной связи в обычном широкополосном усилителе. Трансформаторы T1 и T2 намотаны на сердечник согласующего трансформатора с двумя отверстиями, например, типа 4322-020-31520 производства Philips, который встречается в телевизионных приемниках. Два куска эмалированного провода № 22, скрученные около 3 раз/дюйм и намотанные на сердечник, как это показано на рисунке. Один провод обмотки соединен с другим проводом противоположного конца обмотки и образует в итоге среднюю точку трансформатора. Трансформаторы способствуют широкочастотному диапазону усилителя.

7.6. CW-передатчик мощностью 250 мВт для 40-метрового диапазона

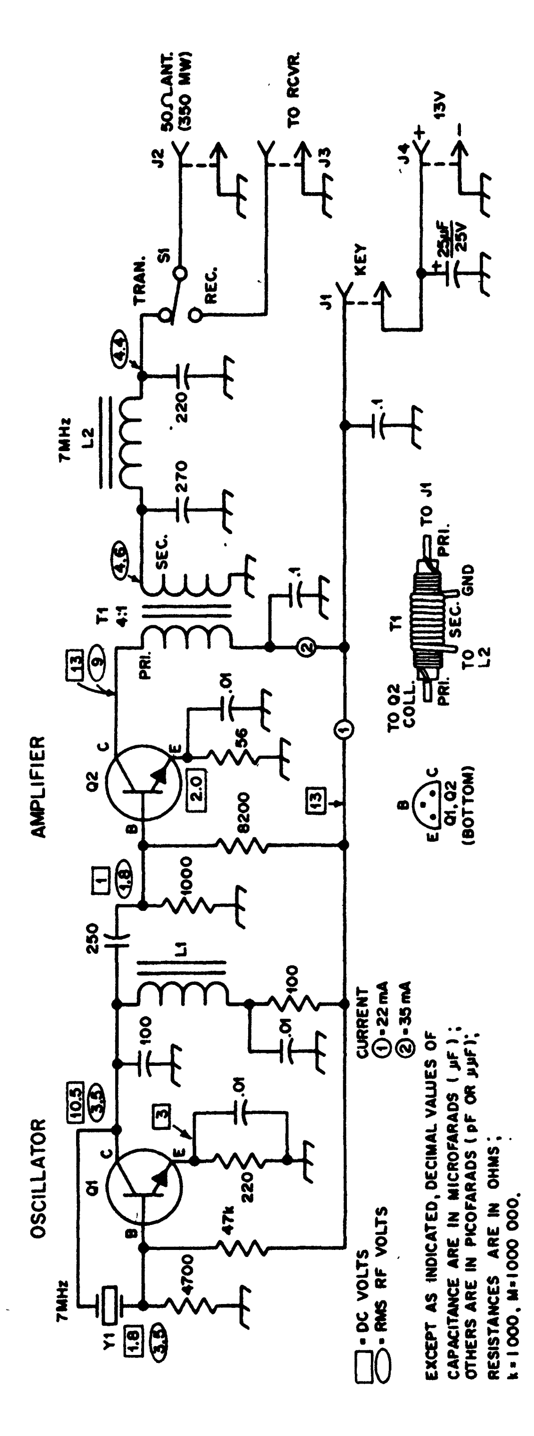


Рис. 7.6

Представленная схема (рис. 7.6) маломощного (QRP) CW-передатчика на 2 транзисторах может быть собрана на печатной плате круглой формы, закрепленной в обычной консервной банке. Сигнал с простого генератора Пирса, выполненного на транзисторе Q1, подается на усилитель класса "С" на транзисторе Q2. Для получения индуктивности L1 требуется смотать провод с радиокатушки 273-101 индуктивностью 10 мкГн производства компании Radio-Shack и снова намотать эмалированный провод № 28 и 30 для получения индуктивности 24 мкГн. Аналогично выполняется катушка L2 из 11 витков (1,36 мкГн), намотанных с интервалом в толщину проволоки на виток. Интервал между витками нужно регулировать при окончательной настройке на максимум выходного сигнала, когда передатчик нагружен на 50-омный антенный провод. Для трансформатора T1 нужно удалить около 50 витков с катушки 273-102 фирмы Radio-Shack и домотать 25 витков эмалированным проводом № 22 или 24. В качестве источника напряжения питания можно использовать батареи карманных фонарей или регулируемый источник питания на 12—13 В. В схеме в качестве Q1 и Q2 применяются транзисторы типа 2N2222 или эквивалентные им, а в качестве кварца Y1 — кварцевый резонатор частотой 7 МГц.

7.7. Схема линейного усилителя мощностью 140 Вт для диапазона 2—30 МГц

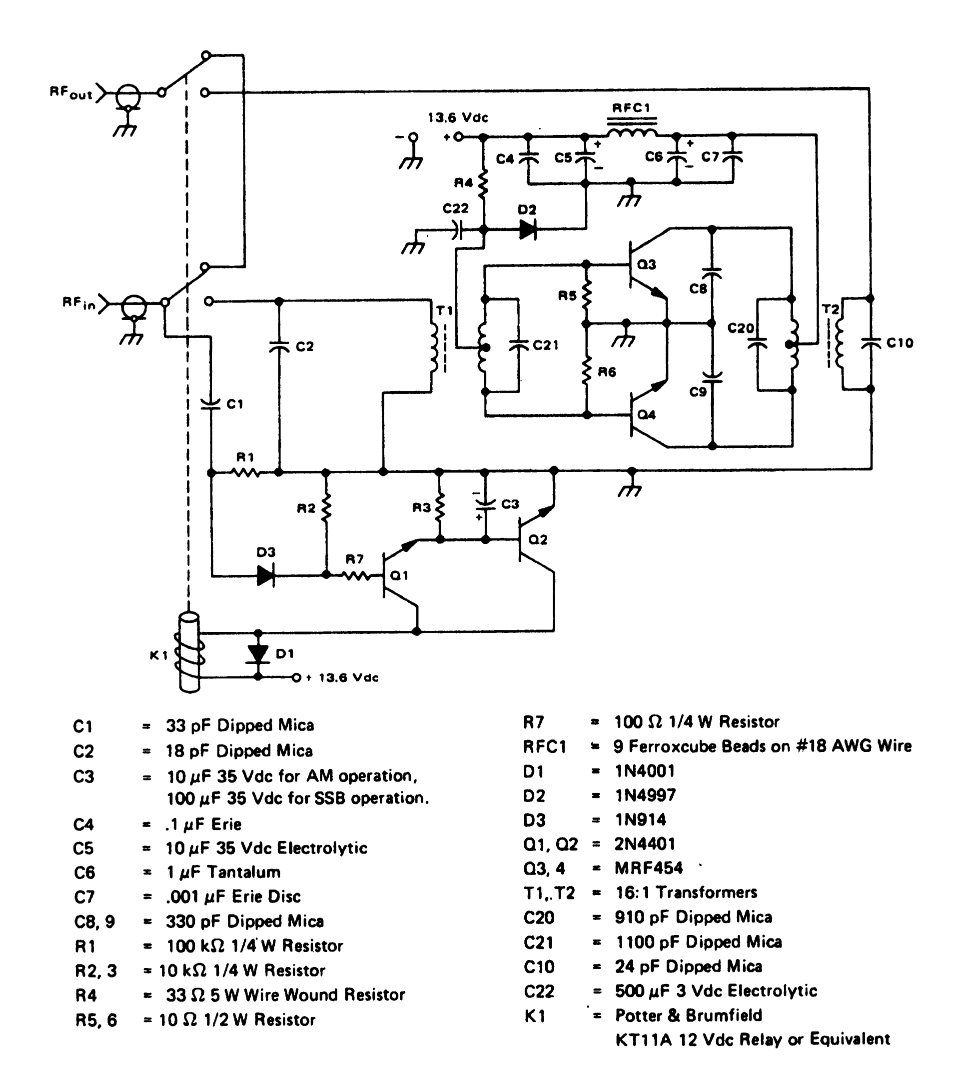


Рис. 7.7

В схеме (рис. 7.7), обладающей относительно равномерным усилением во всем диапазоне рабочих частот, которое требуется для усилителя мощности любительского SSB-передатчика, используются два транзистора Q3—Q4 типа MRF454 производства компании Motorola. Диод D2 монтируется с транзисторами Q3 и Q4 на радиатор для того, чтобы поддерживать необходимую рабочую температуру. Несущая частота подключается к схеме с помощью транзисторов Q1 и Q2, которые управляют реле K1.

7.8. Линейный усилитель мощностью 1,4 Вт для диапазона 7–14 МГц

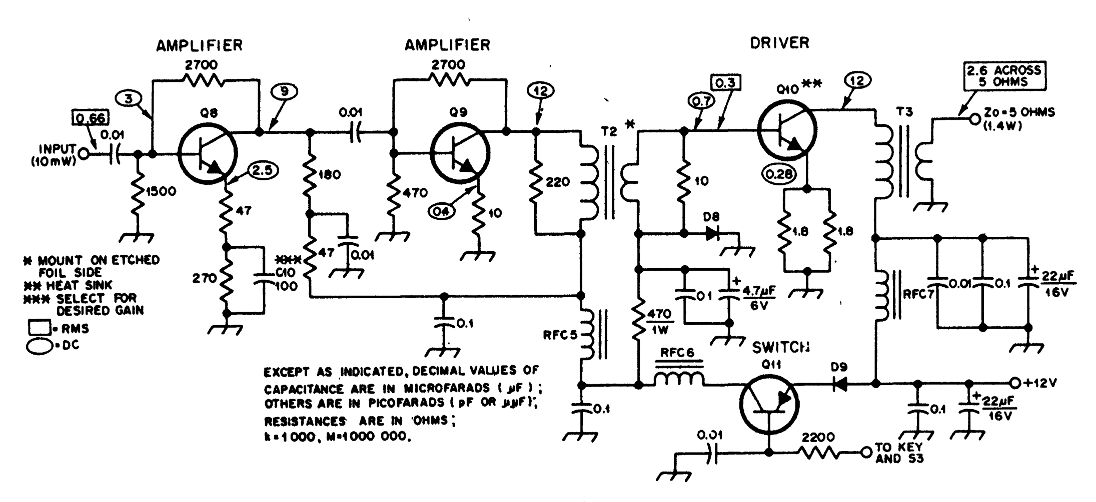


Рис. 7.8

Для работы усилителя (рис. 7.8) необходимо на его вход подавать сигнал с напряжением 10 мВт. Сигнал усиливается в предварительных усилителях на транзисторах Q8 и Q9. Усилитель мощности выполнен на транзисторе Q10. Частотная характеристика усилителя равномерна в 7—14-мегагерцевом диапазоне. В схеме используются диоды типа 1N4003, транзисторы: Q8 — 2N2222A, Q9 — 2N3866, Q10 — 2N2270 и Q11 — 2N4037. Высокочастотные дроссели содержат по 18 витков эмалированного провода № 28 на кольцевом ферритовом сердечнике FT-37-43. Первичная обмотка трансформатора T2 содержит 30 витков эмалированного провода № 28, намотанных на кольцевом ферритовом сердечнике FT-50-43, и 4 витка вторичной обмотки эмалированного провода № 28. Трансформатор T3 содержит 16 витков эмалированного провода № 28 первичной обмотки и 4 витка вторичной обмотки, намотанных на сердечник BLN-43-302.

7.9. CW-передатчик мощностью $^1/_4$ Вт

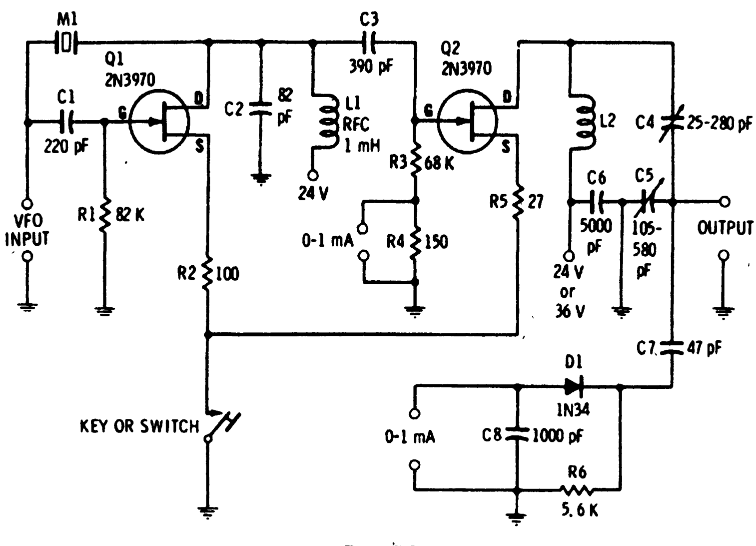


Рис. 7.9

Двухкаскадный маломощный передатчик на полевых транзисторах (рис. 7.9) для любительского 80-метрового диапазона использует кварцевый генератор Пирса, который не требует резонансного контура на выходе. Для измерения величины выходного сигнала генератора может присоединяться миллиамперметр постоянного тока в цепи затвора второго транзистора. Схема ВЧ-усилителя на транзисторе Q2 с резонансным контуром использует кольцевой сердечник (для катушки L2 56 витков эмалированного провода № 24, намотанных на сердечник 13/16 дюйма типа 57-1541 производства компании Permacor) и 2 подстроечных конденсатора, включенных последовательно. Если требуется измерение уровня выходного напряжения высокой частоты, то миллиамперметр присоединяется параллельно конденсатору C8.

7.10. Маломощный передатчик 2-метрового диапазона

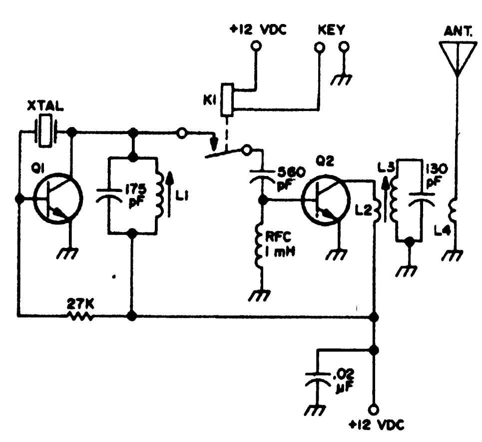


Рис. 7.10

Схема переносного маломощного передатчика CW-радиостанции любительского диапазона (рис. 7.10) позволяет получить на выходе до 1 Вт ВЧ-мощности. Схема позволяет работать в телеграфном режиме, используя амплитудную манипуляцию. Передатчик может питаться от 12-вольтового аккумулятора транспортного средства или батарей карманного фонаря. Генератор использует кварц частотой 7 МГц и транзистор Q1 — типа 40080. В выходном каскаде применен транзистор Q2 типа 40081. Катушка индуктивности L1 содержит 20 витков провода № 28, намотанных на $^1/_4$-дюймовом сердечнике с возможностью подстройки. Катушка L3 содержит также 28 витков, намотанных на $^1/_4$-дюймовом регулируемом сердечнике, и 5 витков провода № 24, намотанных на этом же сердечнике. Кроме того, катушка L4 имеет 5 витков провода № 24.

7.11. Схема усилителя мощностью 10 Вт для 2-метрового диапазона

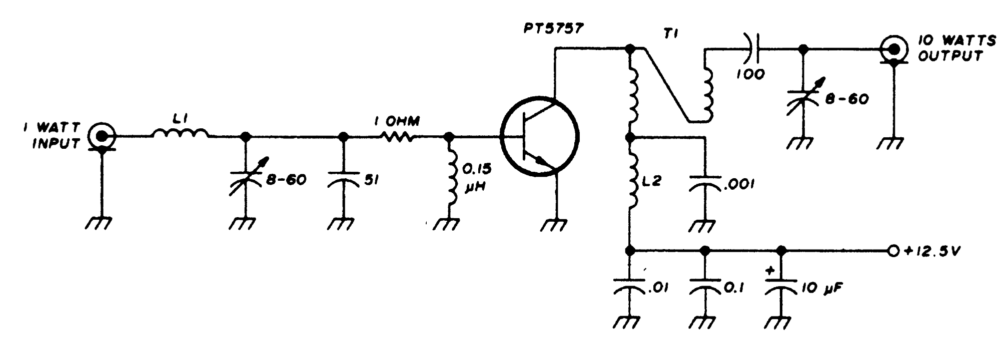


Рис. 7.11

Транзистор типа PT5757 (рис. 7.11) производства компании TRW позволяет получить 10 Вт выходной мощности при питании от 12,5-вольтового автомобильного аккумулятора и входном сигнале мощностью 1 Вт. В схеме применяется катушка L1, которая имеет 4 витка эмалированного провода № 20, и катушка L2 — 10 витков провода № 20. Обе катушки имеют внутренний диаметр $^3/_{32}$ дюйма. Кроме того, используется 4:1-трансформатор T1 с витками эмалированного провода № 20 длиной 3 дюйма.

7.12. Линейный усилитель мощностью 80 Вт для мобильного SSB-передатчика

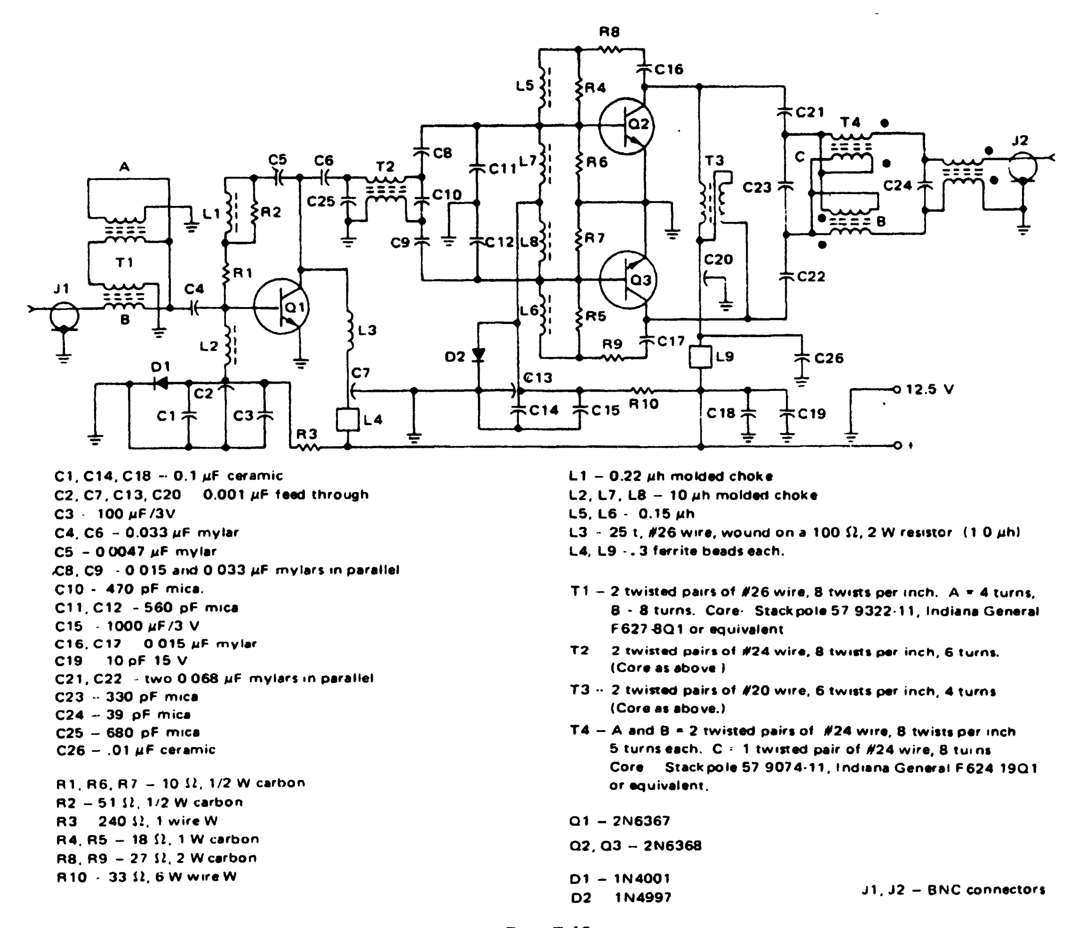


Рис. 7.12

Усилитель (рис. 7.12) использует для питания источник постоянного тока с напряжением 12,5 В. На вход усилителя мощности, который обеспечивает усиление сигнала 30 дБ по мощности в диапазоне от 3 до 30 МГц, поступает сигнал с задающего каскада. Отрицательная обратная связь способствует коррекции усиления как в предоконечном, так и в выходном каскаде. Выходной каскад выполнен по двухтактной схеме с выходным трансформатором. Низкий импеданс схемы делает топологию и конструкцию усилителя более критичными.

7.13. Генератор перестраиваемой частоты 20-метрового диапазона

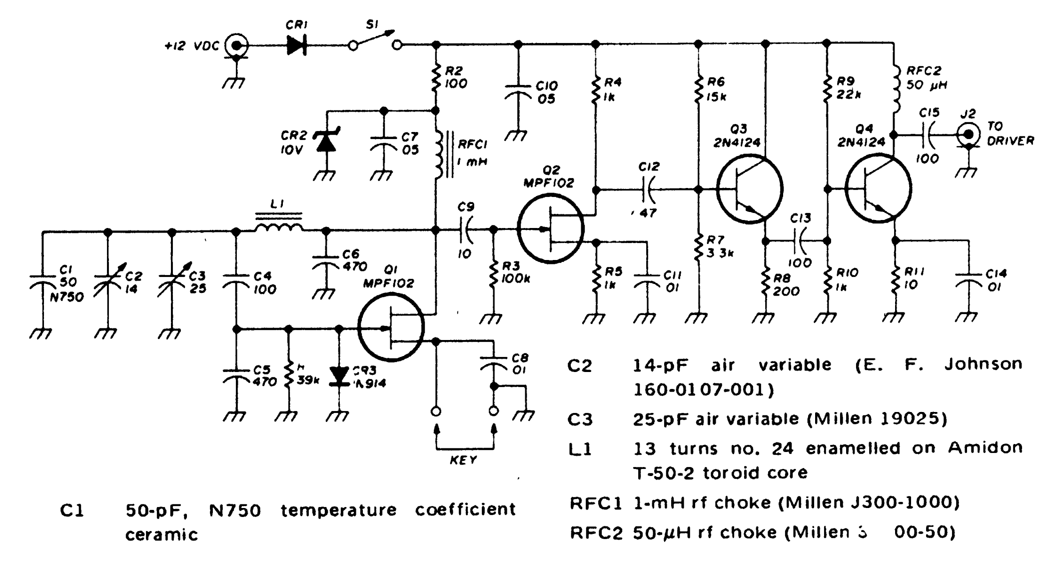
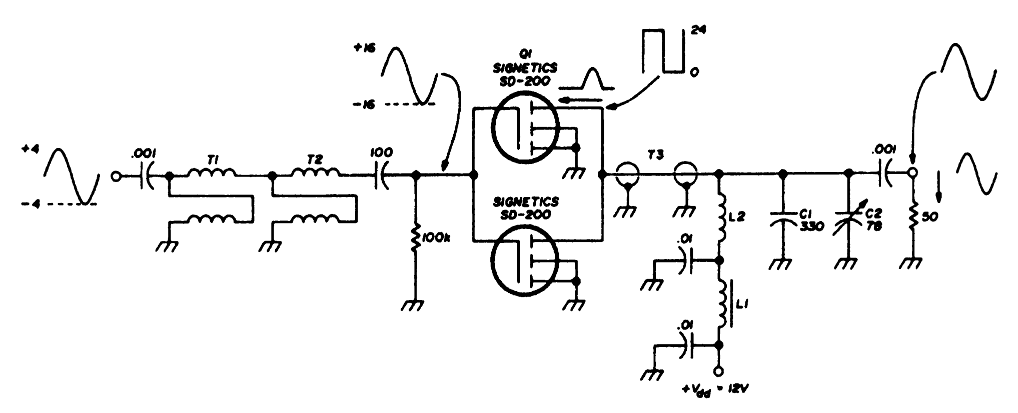


Рис. 7.13

Генератор перестраиваемой частоты (рис. 7.13) может настраиваться на частоты 14,0—14,2 МГц. Задающий генератор схемы выполнен на полевом транзисторе Q1. Сигнал генератора усиливается каскадом на полевом транзисторе Q2. Буферный каскад на транзисторе Q3 согласует выходное сопротивление предварительного усилителя и входное сопротивление выходного каскада. Диод CR1, предназначенный для защиты схемы от ошибочного подключения источника питания с неверной полярностью, может быть любым выпрямительным кремниевым диодом. Ограничительный диод CR3 улучшает стабильность, препятствуя управлению затвора генератора на полевом транзисторе Q1.

7.14. Усилитель мощностью 30 мВт для диапазона 25 МГц



C2	78-pF variable (E.F. Johnson 158-4)	T1,T2	11 turns no. 26 twisted pair on Perma-core 57-2656 or Micrometals T30-6 core
L1	2.2 µH rf choke (Delevan 1025-28)		
L2	106 nH (4 turns no. 26 wire on Perma-core 57-2656 or Micrometals T30-6 core)	T3	piece of 125-ohm coaxial cabl• (RG-63B/U), 112.2" (2.85 meters) long

Рис. 7.14

Усилитель мощности выполнен на полевых транзисторах по двухтактной схеме. Нагрузкой усилителя служит полосовой фильтр, подключенный к нему отрезком коаксиального кабеля и беспрепятственно пропускающий токи четных гармоник, а вот нечетных — блокирующий. Схема может быть адаптирована для использования в качестве переносного радиотелефона с выходной мощностью 300 мВт, работающего в диапазоне 6 или 10 м. На частоте 25 МГц эффективность усилителя составляет 75 %.

7.15. Маломощный CW-передатчик 80-метрового диапазона для QRP-связи

D1 — 36-V, 1-W Zener diode.
J1-J4, incl. — Single-hole mount phono jack.
L1 — 100-µH choke (Radio Shack 273-102).
L2-L4, incl — 10-µH choke (Radio Shack 273-101).
L5 — 12-µH inductor (Radio Shack 273-101 with 4 turns no. 26 enam. wire added).
L6 — 8.9-µH inductor (Radio Shack 273-101 with 3 turns removed)
S1 — Miniature spdt toggle or slide switch.
T1 — Broadband transformer (Radio Shack 273-101 for primary, with 5-turn secondary of no. 26 enam. wire over C6 end of primary).
Y1 — 80-meter fundamental type of crystal (crystal socket optional).

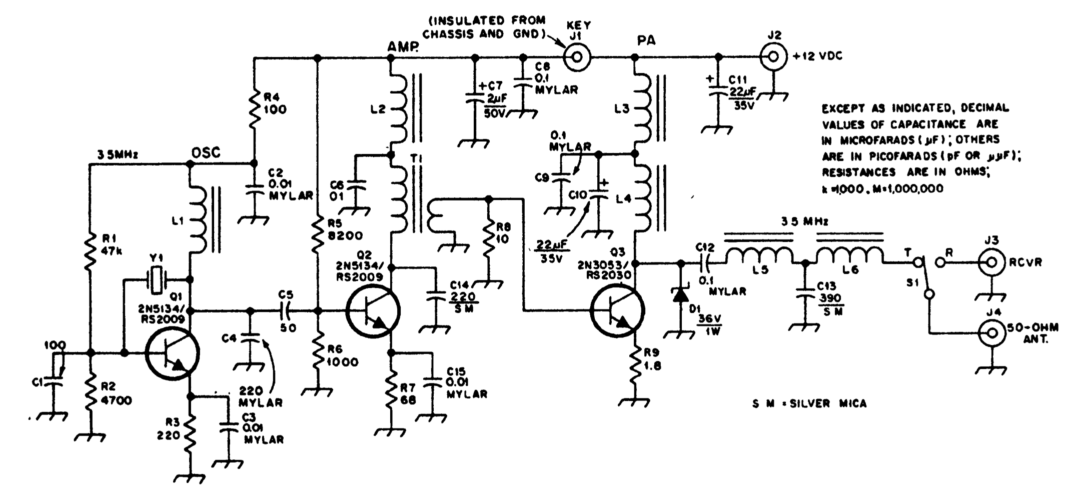


Рис. 7.15

Передатчик малой мощности (рис. 7.15) питается от специального 12-вольтового источника постоянного тока и может устанавливаться в небольшой корпус. Сигнал несущей частоты с кварцевого генератора, выполненного на транзисторе Q1, усиливается по напряжению каскадом на транзисторе Q2 и поступает на усилитель мощности на транзисторе Q3. Стабилитрон D1 защищает транзистор Q3, ограничивая всплески ВЧ-сигнала на уровне 36 В. Нагрузкой усилителя на выходе транзистора Q3 служит открытый колебательный (резонансный) контур, который без всякой регулировки дает удовлетворительный результат на частотах между 3 и 3,75 МГц.

7.16. Усилитель мощностью 80 Вт для диапазона 143—156 МГц

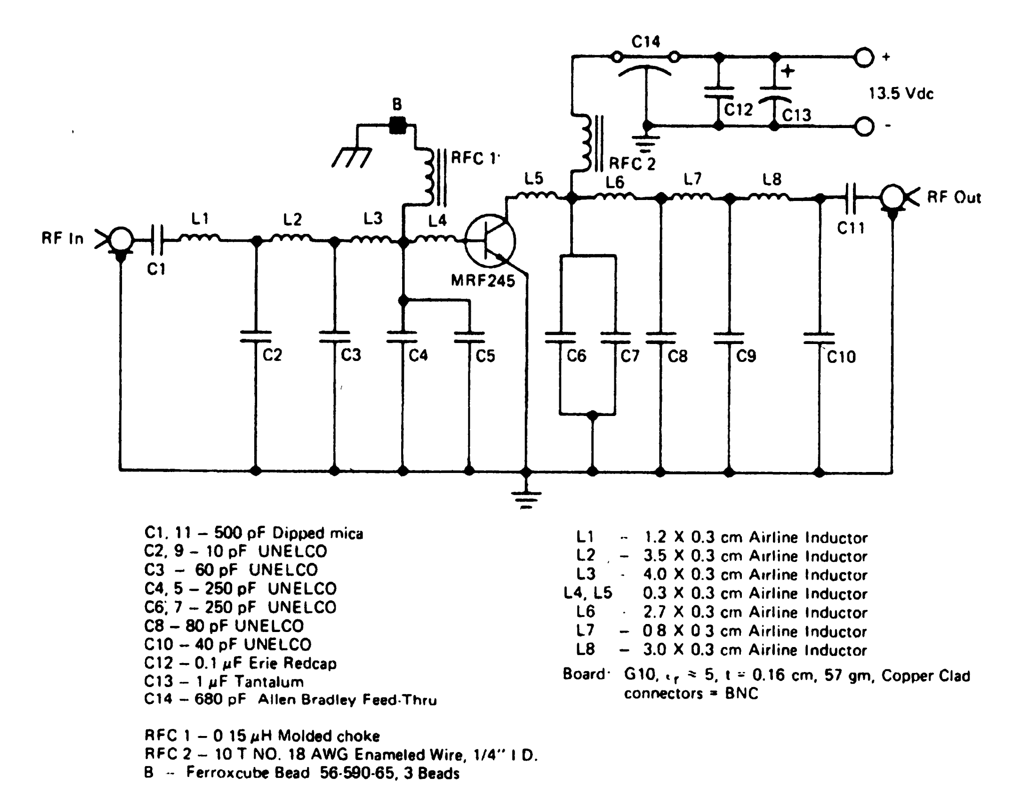


Рис. 7.16

В схеме используется единственный транзистор MRF245 (рис. 7.16), монтируемый на массивный радиатор, который усиливает примерно на 9,4 дБ. Для получения полной выходной мощности при напряжении питания 13,5 В на вход усилителя подается сигнал мощностью 8 Вт. Подключенные последовательно индуктивности на входе усилителя являются ленточными проводниками на печатной плате, на которой на противоположной ее стороне удален проводящий слой. Нагрузкой усилителя служит полосовой фильтр. Транзистор выдерживает коэффициент стоячей волны по напряжению от 20:1 при всех значениях фазовых углов.

7.17. Линейный усилитель мощностью 100 Вт для диапазона 420–450 МГц

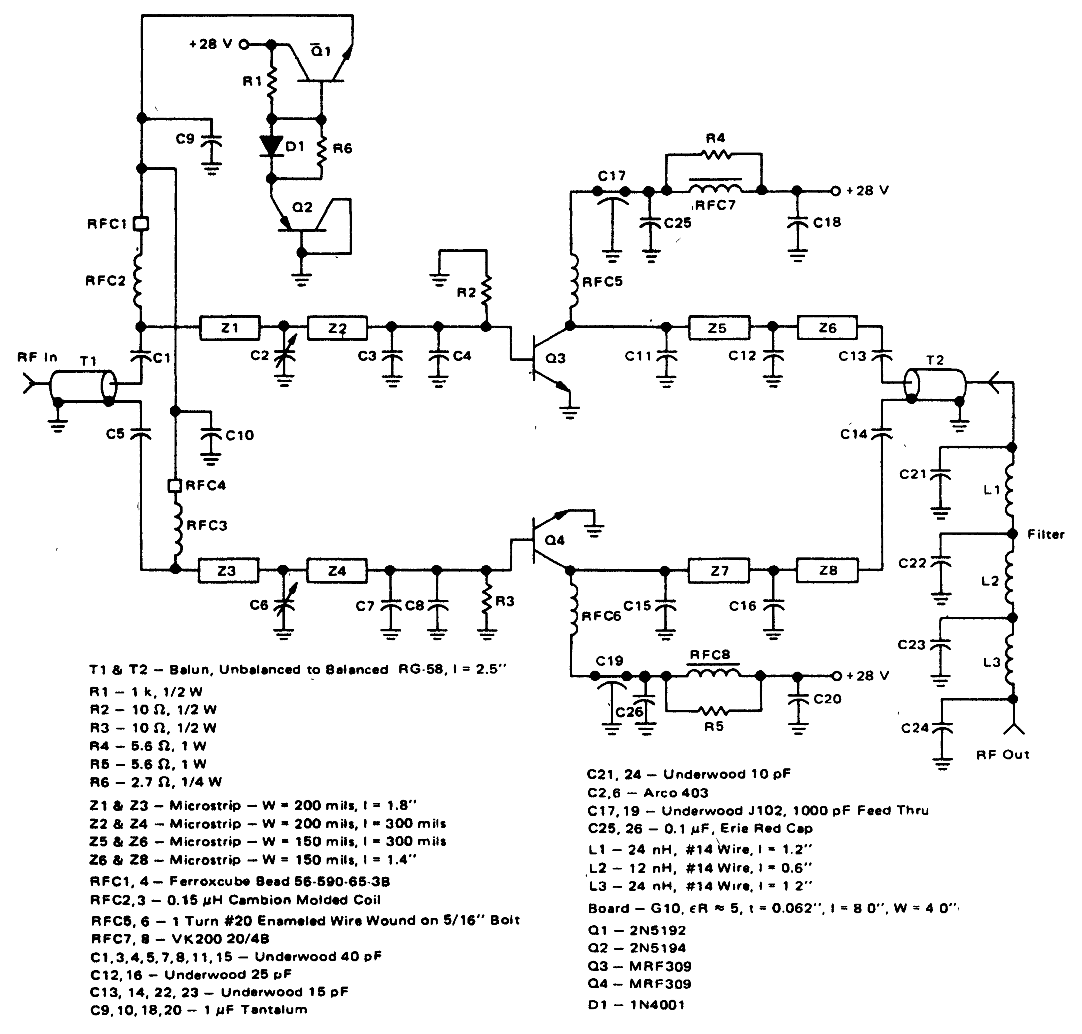


Рис. 7.17

Для возбуждения двух транзисторов Q3 и Q4 типа MRF309 и получения на выходе схемы (рис. 7.17) в режиме передачи мощности равной 100 Вт требуется подать на вход схемы сигнал мощностью 16 Вт. Схема при питании от источника постоянного тока напряжением 28 В обеспечивает усиление мощности на 8 дБ с 40%-ной эффективностью. Гармоники, которые могут быть при работе двухтактном режиме, эффективно подавляются на выходе 7-ступенчатым фильтром нижних частот. На транзисторы Q3 и Q4 подается напряжение смещения со стабилизатора на транзисторах Q1 и Q2. Транзисторы Q3 и Q4 должны монтироваться на радиаторе с изолируемой слюдяной шайбой. T1 и T2 — трансформаторы, изготовленные из коаксиального кабеля типа RG-58. Длина составляет 3 дюйма. По $^1/_4$-дюйма в каждом конце обрабатываются таким образом, что общая длина трансформатора составляет $2^1/_2$-дюйма.

7.18. Схема на транзисторах вместо лампы усилителя мощности

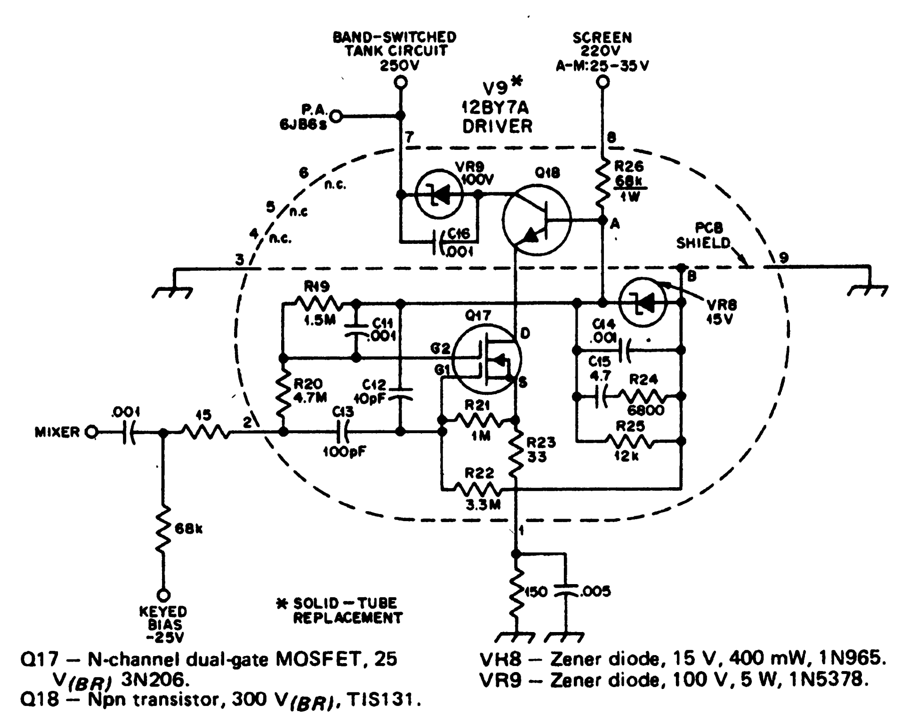


Рис. 7.18

Полупроводниковая схема (рис. 7.18), заменяющая ламповый усилитель мощности 12BY7A, работает в лучшем температурном режиме, чем лампа. Между входной схемой и схемой на выходе необходимо выполнить экранирование. Затвор G2 двухзатворного транзистора Q17 имеет относительно высокое напряжение смещения, а затвор G1 — напряжение смещения, близкое к напряжению питания, которые способствуют получению наибольшей амплитуды сигнала без обязательного изменения характеристик транзистора. Стабилитрон VR9 с напряжением стабилизации 100 В препятствует тому, чтобы размах сигнала на коллекторе транзистора Q18 не превышал напряжение пробоя транзистора.

7.19. Источник эталонного термостабильного 10-вольтового напряжения

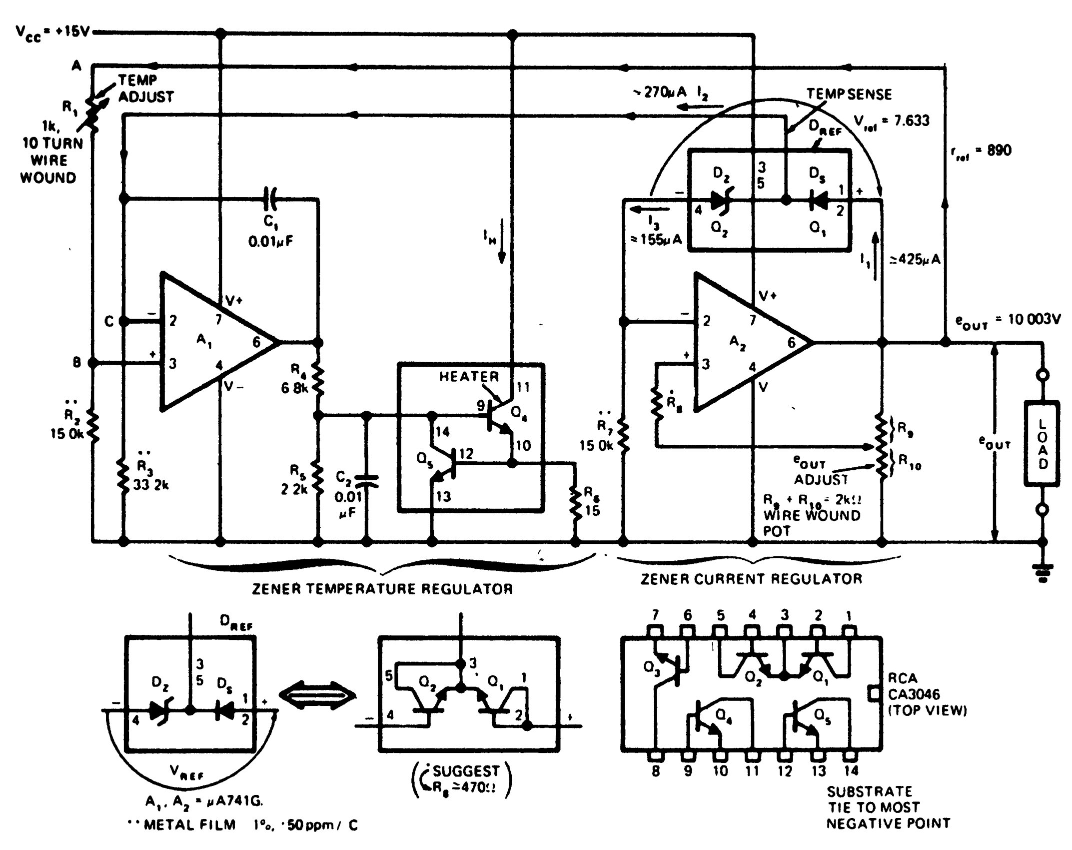


Рис. 7.19

Саморегулирование температуры подложки в микросхеме CA3046 (рис. 7.19), состоящей из сборки пяти транзисторов, позволяет на выходе схемы изменять эталонное напряжение, равное 10 В, не более чем на 0,5 мВ, если температура изменяется в диапазоне от 27 до 62 °С. Для питания схемы требуется источник постоянного тока с напряжением +15 В. Транзистор Q_2, подключенный как стабилитрон, и транзистор Q_1, подключенный как диод, совместно содействуют термокомпенсации путем регистрации напряжения с помощью транзистора Q_1 (D_S) и сравнению его с эталонным напряжением температуры. Эталонное напряжение задается с помощью потенциометра R_1 и поступает на вход операционного усилителя A_1 типа μA741G. Напряжение с операционного усилителя поступает на транзистор Q_5 для регулировки тока транзистора Q4, который служит нагревательным элементом для микросхемы CA3046. Операционный усилитель A_2 (μA741G) и подключенные к нему радиодетали (транзисторы Q_1—Q_2 в цепи обратной связи) работают как саморегулирующийся источник опорного напряжения.

7.20. УКВ-передатчик диапазона 432–450 МГц

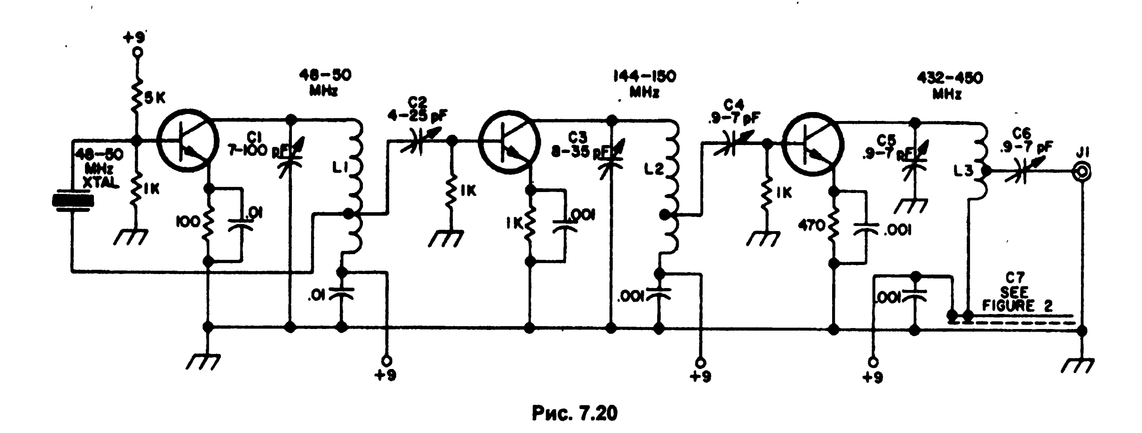


Рис. 7.20

Каскад кварцевого генератора схемы (рис. 7.20), работающий на частотах 48—50 МГц, обеспечивает необходимую мощность сигнала на выходе для работы двух последующих утроителей частоты. Все транзисторы, использующиеся в схеме типа НЕР75. Катушка L1 содержит 20 витков провода № 24, намотанных на стержне 5 мм, и дополнительно 5 витков с отводом. Катушка L2 имеет 5 витков провода № 20 на катушке диаметром 8 мм без сердечника, а катушка L3 — 3 витка провода № 20 на катушке диаметром 5 мм без сердечника и отводом от середины.

7.21. Схема повышения мощности стабилитронов

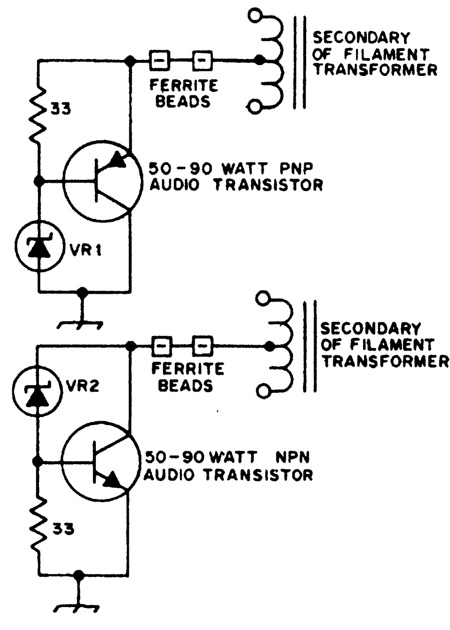


Рис. 7.21

Схема (рис. 7.21), состоящая из одного одноваттного стабилитрона и низкочастотного транзистора мощностью 50—90 Вт, заменяет стабилитрон мощностью 50 Вт для создания напряжения смещения в линейном высокоэффективном ламповом усилителе. Напряжение стабилизации стабилитрона должно быть примерно на 0,3 В ниже, чем желаемое напряжение смещения, если используется германиевый транзистор, и на 0,7 В меньше при использовании кремниевого транзистора. На рисунке показаны схемы с диодами Шоттки, а также с *n-p-n-* и *p-n-p-*транзисторами. Для *n-p-n-*транзистора шасси может использоваться как радиатор, но только со слюдяной изоляционной шайбой. Ферритовые диэлектрические шайбы (FERRITE BEADS) предотвращают паразитическое самовозбуждение.

10 Зак. 1033

7.22. Линейный усилитель мощностью 10 Вт для приемопередатчика 2-метрового диапазона

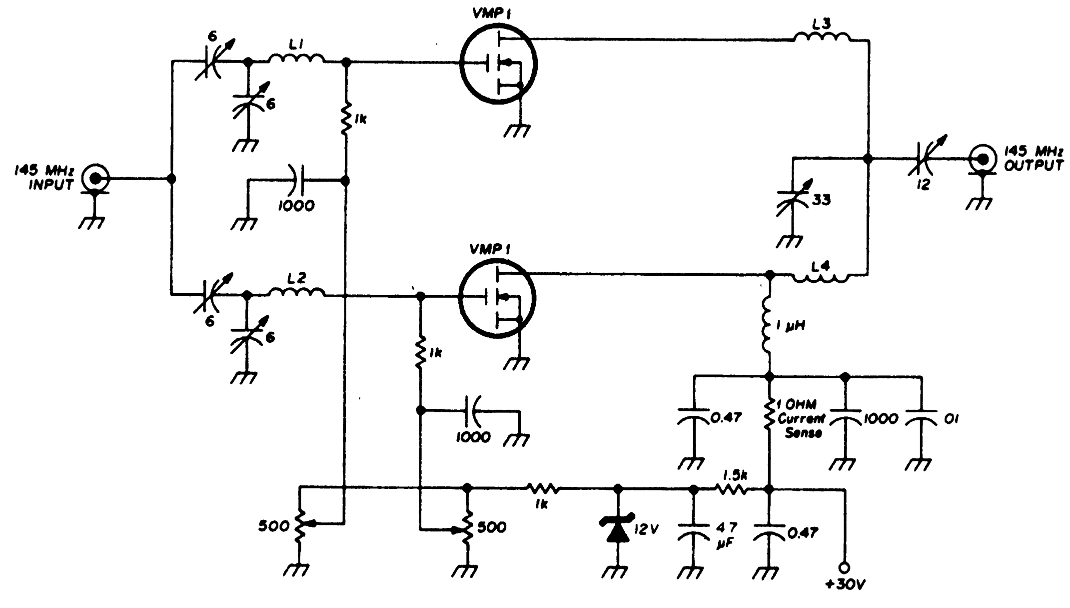
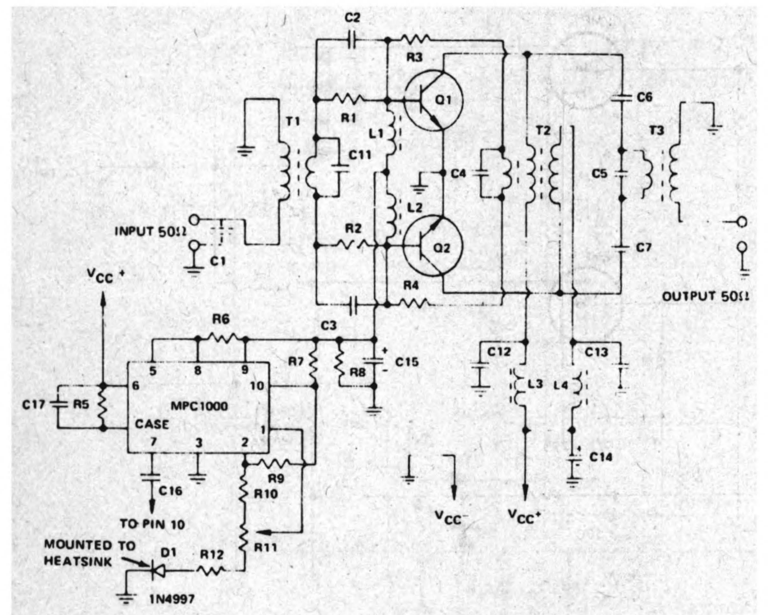


Рис. 7.22

Линейный усилитель на двух мощных полевых МОП-транзисторах типа VMP1 (рис. 7.22) предназначен для приемопередатчика 2-метрового диапазона и обеспечивает 10 Вт пиковой мощности. Катушки индуктивности L1 и L2 схемы имеют по 8 витков. Катушки L3 и L4 намотаны вплотную эмалированным проводом № 20 по 5 витков на 3-миллиметровом сердечнике. Транзисторы нуждаются в радиаторе и изолируются от шасси (каркаса) с помощью шайб из оксида бериллия с толщиной 0,062 дюйма. Эффективность (КПД) усилителя составляет примерно 40 %.

7.23. Линейный усилитель мощностью 300 Вт для диапазона 2—30 МГц



C1 - 100 pF
C2, C3 - 5600 pF
C4, C5 - 680 pF
C6, C7 - .10 μF
C11 - 470 pF
C12, C13 - .33 μF
C14 - 10 μF - 50 V electrolytic
C15 - 500 μF - 3 V electrolytic
C16 - 1000 pF
C17 - .1 μF
R1, R2 - 2 X 3 3Ω, 1/2-W in parallel
R3, R4 - 2 X 3.9Ω, 1/2-W in parallel
R5 - 47Ω, 5 W
R6 - 1.0Ω, 1/2 W
R7 - 1.0 k, 1/4 W
R8 - 100Ω, 1/4 W
R9 - 18 k, 1/4 W
R10 - 8 2 k, 1/4 W
R11 - 1.0 k Trimpot
R12 - 180Ω, 1/4 W
L1, L2 - Ferroxcube
VK200 20/4B
L3, L4 - 6 ferrite beads
each, Ferroxcube
56590 65/3B

Рис. 7.23

Два мощных транзистора типа MRF422 производства компании Motorola в двухтактном усилителе (рис. 7.23) обеспечивают на выходе 300 Вт PEP- или CW-мощности во всем диапазоне частот. Регулятор MPC1000 с подходящим радиатором может использоваться для получения 10 А для установки начального тока транзисторов. Так как средний ток базы транзисторов менее 500 мА, то регулятор может применяться и без радиатора. Трансформаторы T1 и T3 имеют отношение импеданса 9:1. Вторичная обмотка намотана медной жилой 1/8 дюйма по 3 витка на сдвоенном трансформаторном сердечнике типа 57-1845-24B производства компании Stackpole. Первичная обмотка намотана эмалированным проводом № 22. Трансформатор T2 содержит 5 витков из 2 скрученных эмалированных проводов № 22, намотанных на кольцевом сердечнике типа 57-9322 производства компании Stackpole.

7.24. Усилитель мощности 2-метрового диапазона

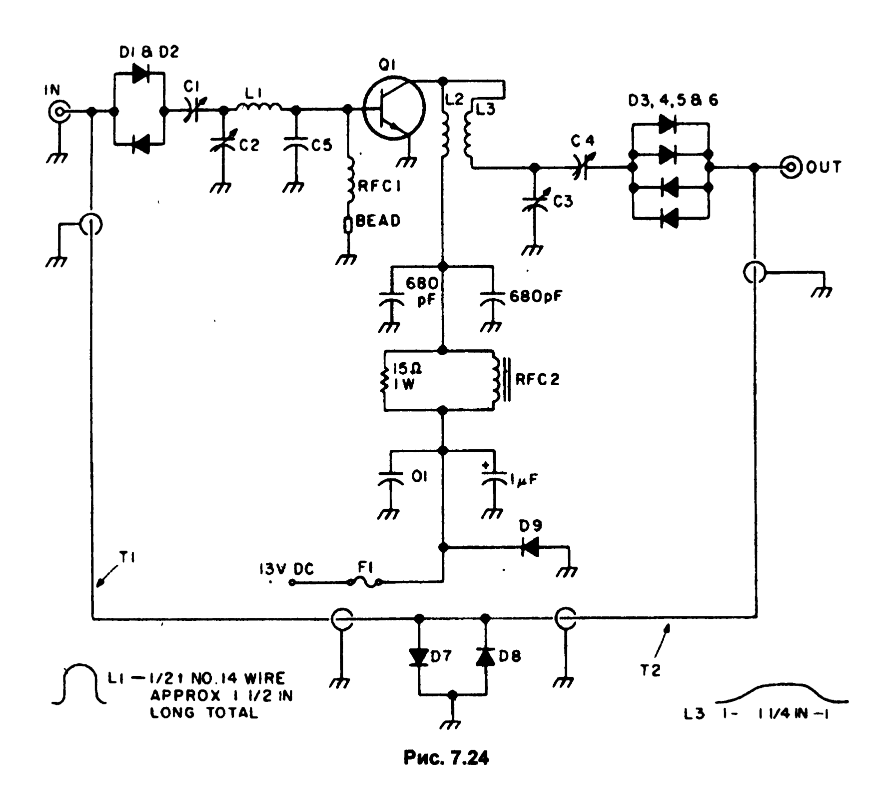
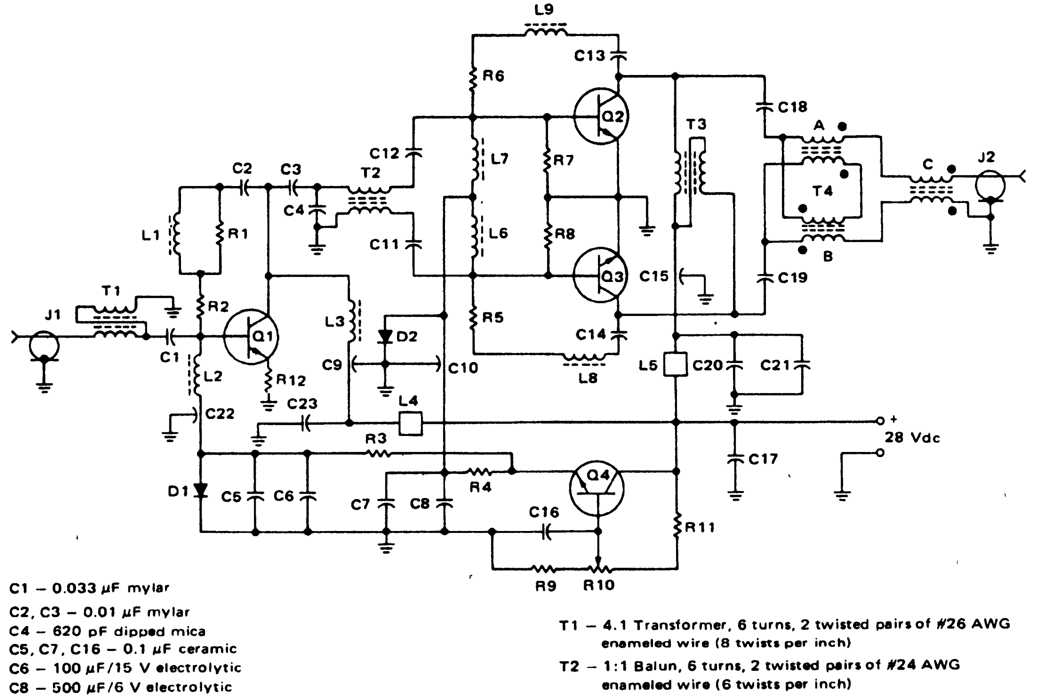


Рис. 7.24

В усилителе (рис. 7.24) при использовании транзистора типа MRF238 производства компании Motorola обеспечивается на выходе усиление 10 дБ и мощность 30 Вт при частоте 160 МГц. В схеме применяются подстроечные конденсаторы C1—C4 компании Arco типа 463, 464 или 424. Дроссель RFC1 содержит 10 витков провода № 20, намотанных на 270-омном резисторе мощностью $^1/_4$ Вт. Конденсатор C5 состоит из трех параллельно подключенных серебряно-слюдяных конденсаторов по 90 пФ. Дроссель RFC2 состоит из 6—8 витков провода № 18, намотанных на кольцевом сердечнике. Катушка L1 содержит $^1/_2$ витка провода № 14 длиной 1,5 дюйма, а катушка L2 — 4 витка с $^1/_4$-дюймовым диаметром провода № 14. Катушка L3 — дуга $1^1/_4$ дюйма провода № 14, как показано внизу на рисунке. Диоды D1—D8 типа 1N4148. Трансформаторы T1 и T2 выполнены с использованием коаксиального кабеля RG-174 или похожего 50-омного коаксиального кабеля. Диод D9 — кремниевый выпрямительный диод на ток 2 А.

7.25. Линейный усилитель мощностью 160 Вт для SSB-передатчика



C1 – 0.033 μF mylar
C2, C3 – 0.01 μF mylar
C4 – 620 pF dipped mica
C5, C7, C16 – 0.1 μF ceramic
C6 – 100 μF/15 V electrolytic
C8 – 500 μF/6 V electrolytic
C9, C10, C15, C22 – 1000 pF feed through
C11, C12 – 0.01 μF
C13, C14 – 0.015 μF mylar
C17 – 10 μF/35 V electrolytic
C18, C19, C21 – Two 0.068 μF mylars in parallel
C20 – 0.1 μF disc ceramic
C23 – 0.1 μF disc ceramic
R1 – 220 Ω, 1/4 W carbon
R2 – 47 Ω, 1/2 W carbon
R3 – 820 Ω, 1 W wire W
R4 – 35 Ω, 5 W wire W
R5, R6 – Two 150 Ω, 1/2 W carbon in parallel
R7, R8 – 10 Ω, 1/2 W carbon
R9, R11 – 1 k, 1/2 W carbon
R10 – 1 k, 1/2 W potentiometer
R12 – 0.85 Ω (6 5.1 Ω or 4 3.3 Ω 1/4 W resistors in parallel, divided equally between both emitter leads)

T1 – 4:1 Transformer, 6 turns, 2 twisted pairs of #26 AWG enameled wire (8 twists per inch)
T2 – 1:1 Balun, 6 turns, 2 twisted pairs of #24 AWG enameled wire (6 twists per inch)
T3 – Collector choke, 4 turns, 2 twisted pairs of #22 AWG enameled wire (6 twists per inch)
T4 – 1:4 Transformer Balun, A&B – 5 turns, 2 twisted pairs of #24, C – 8 turns, 1 twisted pair of #24 AWG enameled wire (All windings 6 twists per inch). (T4 – Indiana General F624-19Q1, – All others are Indiana General F627-8Q1 ferrite toroids or equivalent.)

PARTS LIST

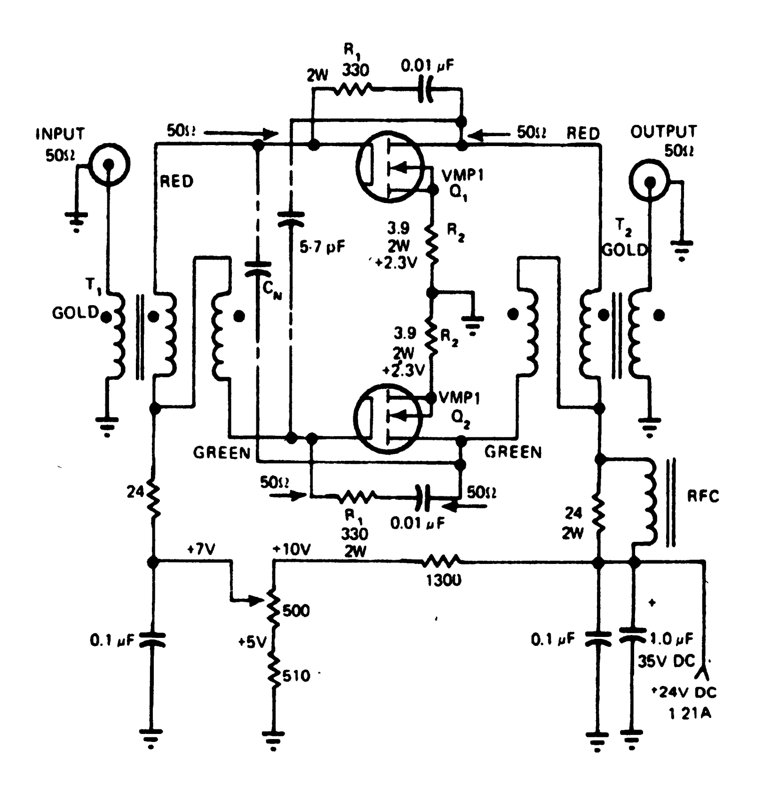
L1 – .33 μH, molded choke
L2, L6, L7 – 10 μH, molded choke
L3 – 1.8 μH (Ohmite 2-144)
L4, L5 – 3 ferrite beads each
L8, L9 – .22 μH, molded choke

Q1 – 2N6370
Q2, Q3 – 2N5942
Q4 – 2N5190
D1 – 1N4001
D2 – 1N4997
J1, J2 – BNC connectors

Рис. 7.25

Схема (рис. 7.25) разработана для работы в наземной стационарной станции. Для питания используется источник постоянного тока с напряжением 28 В. Схема охватывает диапазон 3—30 МГц и использует предоконечный каскад усилителя, который достигает общего усиления 30 дБ. Если применяются радиаторы, то вентиляторы обычно не требуются, так как средняя мощность для режима передачи речи находится ниже 15 дБ от высшего уровня. Выходной каскад выполнен по двухтактной схеме на транзисторах Q2 и Q3. Рабочая точка каскада задается источником опорного напряжения на транзисторе Q4. Нагрузкой каскада служит трансформатор T3. Для согласования с антенной используется трансформатор T4.

7.26. Широкополосный усилитель мощностью 8 Вт на МОП-транзисторах



NOTES. T_1 FERROXCUBE 0 375IN O D 3E2A FERRITE TOROID WIND SEVEN TURNS TRIFILAR =30, UNWIND ONE TURN FROM EACH END OF RED AND GREEN WINDINGS. CROSS CONNECT "FINISH" RED TO "START" GREEN WIRE FOR CENTER TAP. USE CENTER "GOLD" WINDING FOR 50Ω UNBALANCED PORT.

T_2 STACKPOLE 57 9130 SLEEVE BALUN CORE CERAMAG GRADE 11 SIMILAR CONSTRUCTION TO T_1 (COUNT TURNS AS ONE PASS THROUGH BOTH HOLES ONE TURN)

RFC STACKPOLE 57 9130 5T =30 WIRE (L ≈ 7 0 μH)

Рис. 7.26

Линейный усилитель мощности на полевых МОП-транзисторах (рис. 7.26) обеспечивает усиление 15 дБ во всем диапазоне частот от 2 до 100 МГц. Отрицательная обратная связь обеспечивает стабильное усиление и согласование с 50-омной входной и выходной нагрузкой. Коэффициент стоячей волны по напряжению составляет 2:1 или меньше во всей полосе рабочих частот. Схема может применяться в качестве усилителя малой мощности или оконечного усилителя для любительской радиостанции, или как мощный выходной усилитель мощности в стандартных генераторах сигналов и как СВ-усилитель (с пониженным напряжением питания). Транзисторы Q_1 и Q_2 (Siliconix VMP1) в комбинации с сопротивлением R_1 и R_2 в отрицательной обратной связи образуют отдельный широкополосный усилитель, который обеспечивает на выходе мощность 8 Вт при коэффициенте усиления 15 дБ.

7.27. Усилитель мощности на 10 Вт УКВ-диапазона частот для морской связи

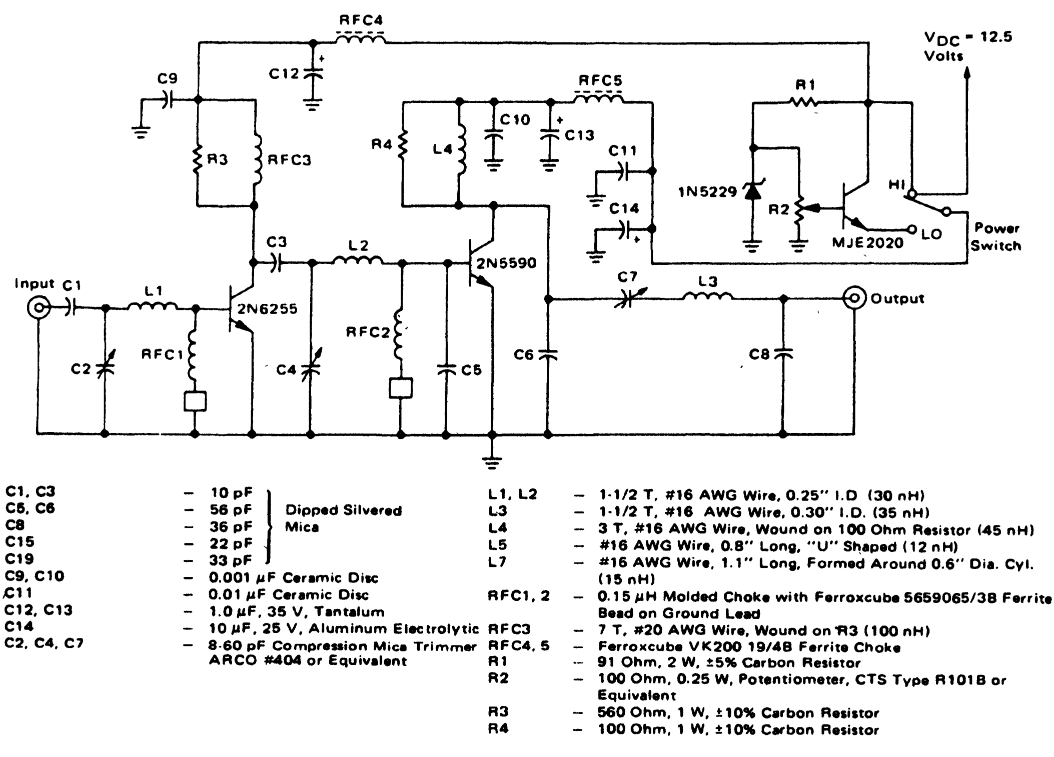


Рис. 7.27

Представленный на схеме усилитель мощности класса "С" УКВ-диапазона и рабочими частотами от 152 до 162 МГц (рис. 7.27) питается от источника постоянного тока с напряжением 12,5 В. Переключатель "Power Switch" позволяет ограничивать выходную мощность на уровне 1 Вт или меньше. Широкий диапазон настройки 144—175 МГц позволяет использовать усилитель для других целей, например, для 2-метрового диапазона в мобильном наземном радиовещании. Мощность сигнала на входе усилителя — 180 мВт, усиление по мощности составляет 17,4 дБ и эффективность — 44,5 %. Предварительный усилитель выполнен на транзисторе типа 2N6255. Выходной каскад выполнен на транзисторе типа 2N5590. Для получения полной выходной мощности используется источник питания с напряжением 12,5 В. Для получения выходной мощности 1 Вт и менее выходной каскад питается от стабилизатора напряжения на транзисторе типа MJE2020.

7.28. ВЧ-ваттметр

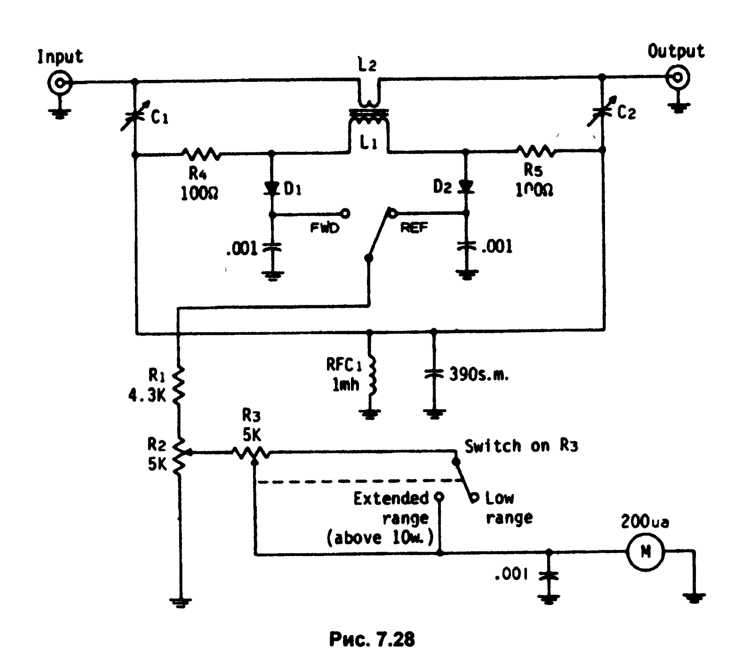


Рис. 7.28

Калибровка ваттметра (рис. 7.28) точна на всех ВЧ-диапазонах, т. к. схема не критична к частоте. Чувствительность зависит от измерительного шкального прибора, количества витков первичной обмотки и резистивного делителя. С показанными на схеме значениями потенциометров ваттметр может использоваться для измерения мощности сигнала от 1 до 14 Вт на нагрузке, подключаемой к выходу "Output". В схеме применяются подстроечные конденсаторы C_1 и C_2 емкостью 3—20 пФ, диоды типа 1N34A, 1N60 или эквивалентные им. Обмотка L_1 содержит 46 витков провода № 28, намотанных на кольцевом сердечнике Т-50-2 производства компании Amidon, а обмотка L_2 — 2 витка провода № 22, намотанных между концами обмотки L_1. Для настройки ваттметра эквивалентная нагрузка присоединяется к коаксиальному разъему "Output", а источник мощности высокой частоты подключается к другому разъему "Input", причем потенциометр R_2 при этом должен находиться в положении максимального сопротивления. Переключатель надо установить в положение с самой большой амплитудой сигнала и это будет позиция "FWD". В положении переключателя "REF" выполняется установка нуля прибора с помощью подстроечного конденсатора C_1. Затем следует поменять местами источник сигнала и нагрузку, причем переключатель должен быть в положении "FWD", и выполнить установку нуля прибора с помощью конденсатора C_2. После этого ваттметр будет калиброван.

7.29. Радиотелефон, работающий на частоте 20 МГц

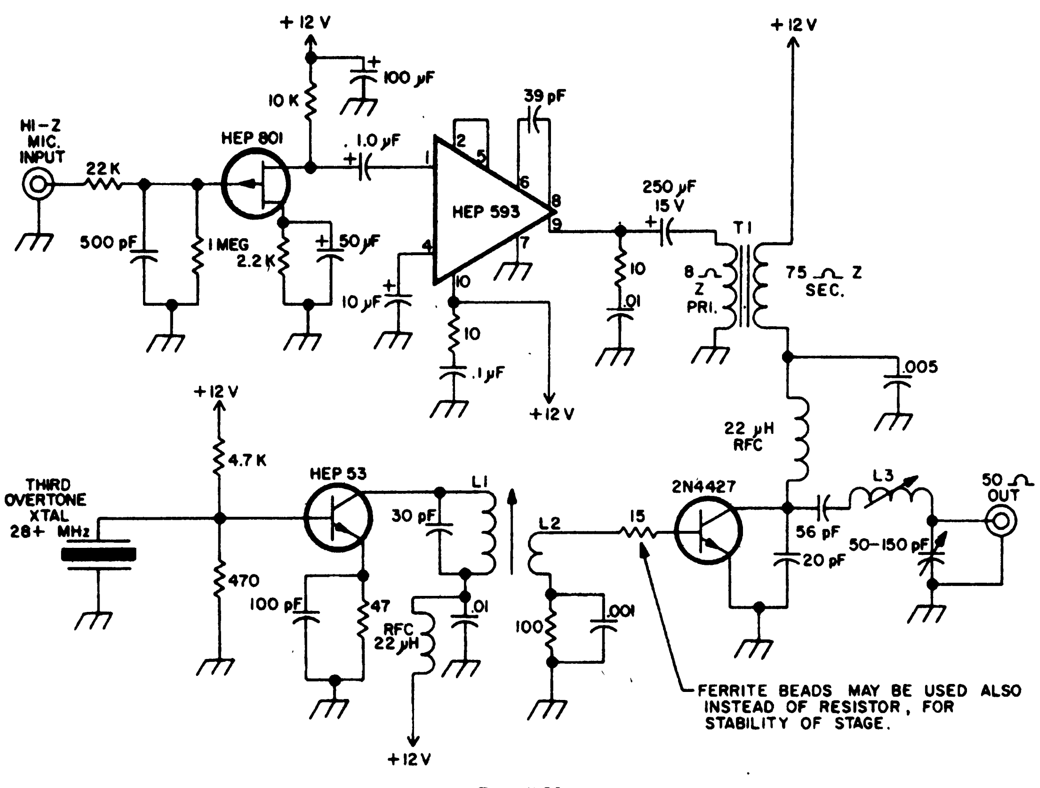


Рис. 7.29

Трехточечный генератор с емкостной связью представленного радиотелефона (рис. 7.29) выполнен на транзисторе типа HEP 53 и обеспечивает отличную стабильность кварцевого резонатора, работающего на третьей гармонике. Каскад усилителя мощности выполнен на транзисторе 2N4427 и работает в режиме класса "С" с общим эмиттером. На выходе усилителя достигается мощность около 1,5 Вт на частоте 28 МГц. Для согласования с высоким выходным сопротивлением пьезоэлектрического микрофона микрофонный усилитель выполнен на полевом транзисторе типа HEP 801. Усиленный им звуковой сигнал подается на микросхему HEP 593 для получения выходного низкочастотного сигнала мощностью равной 1 Вт. Модулирующий сигнал с выхода микросхемы через трансформатор T1 поступает в цепь коллектора выходного усилителя на транзисторе 2N4427.

7.30. Генератор перестраиваемой частоты на 1,8–1,9 МГц

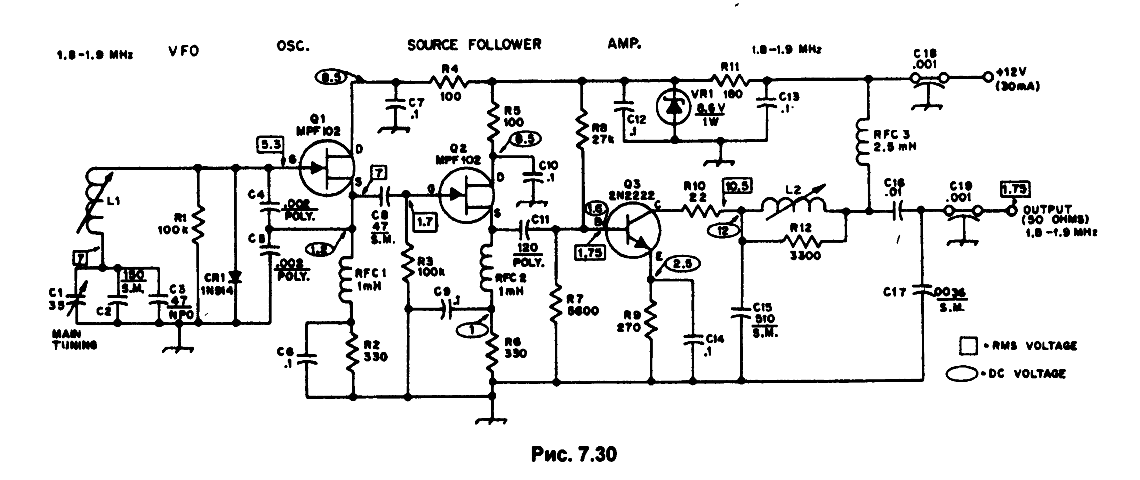


Рис. 7.30

Генератор Клаппа (емкостный трехточечный генератор с последовательным питанием) выполнен на полевом транзисторе Q1 (рис. 7.30), имеет высокое входное сопротивление для согласования с последовательным колебательным контуром и обеспечивает достаточно хорошую стабильность частоты генерации. Диод стабилизирует напряжение смещения на затворе транзистора. Воздушный конденсатор переменной емкости C1 позволяет устанавливать диапазон изменения частоты в пределах 100 кГц. Выходной усилитель мощности работает в режиме класса "C", обеспечивая высокий КПД. Индуктивность регулируемой катушки L1 (Miller 43A475CBI) имеет значение 25—58 мкГн; а индуктивность регулируемой катушки L2 (Miller23A155RPC) равна 10—18,7 мкГн.

7.31. Схема линейного усилителя мощностью 60 Вт для диапазона 432 МГц

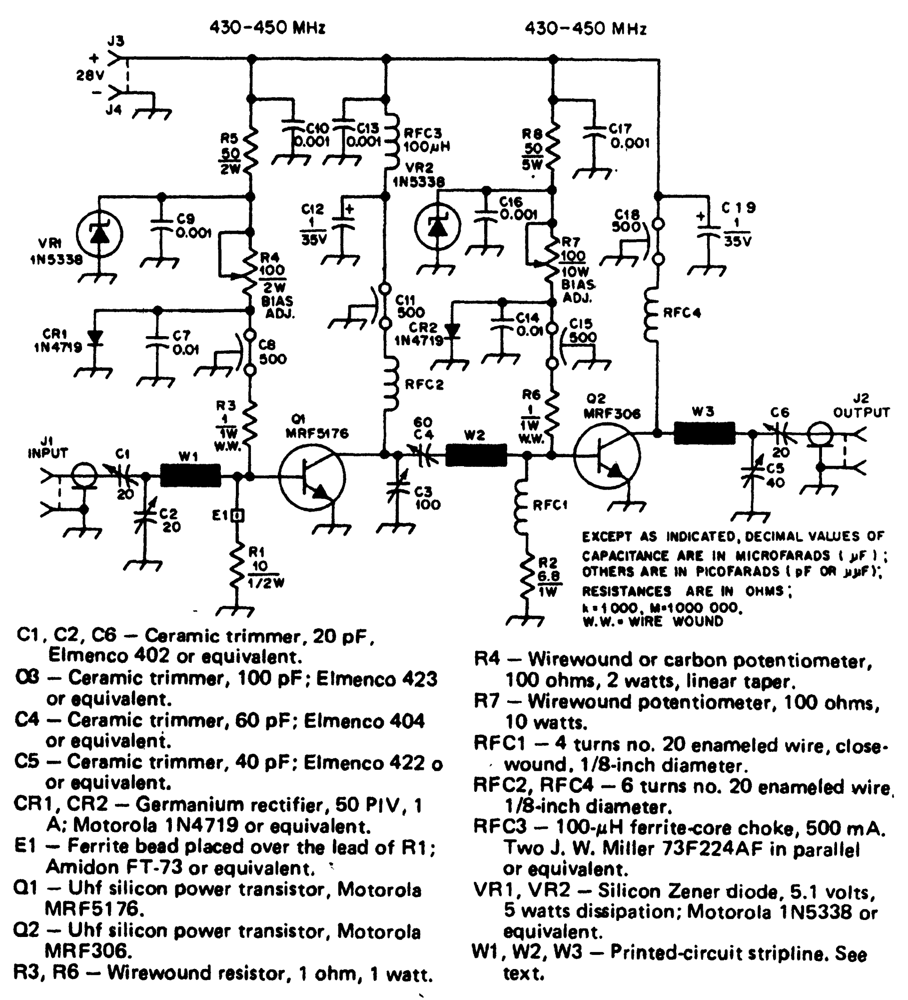


Рис. 7.31

Схема (рис. 7.31) может использоваться как для установления дальней связи через спутник Oscar (Оскар), так и для тропосферной и локальной CW- или SSB-связи. Транзистор MRF5176 производства компании Motorola усиливает входной сигнал до уровня, необходимого для раскачки выходного каскада, выполненного на транзисторе MRF306. Требуемая ВЧ-мощность входного сигнала составляет 1—3 Вт. Выходной каскад обеспечивает достаточную выходную мощность в диапазоне частот от 430 до 450 МГц. Полосковые линии W1—W3, выполненные печатным способом и кратные 0,077 длины волны, содействуют адаптации в широком диапазоне частот и высокой эффективности.

7.32. Мобильный однокаскадный ЧМ-передатчик мощностью 80 Вт для диапазона 144–175 МГц

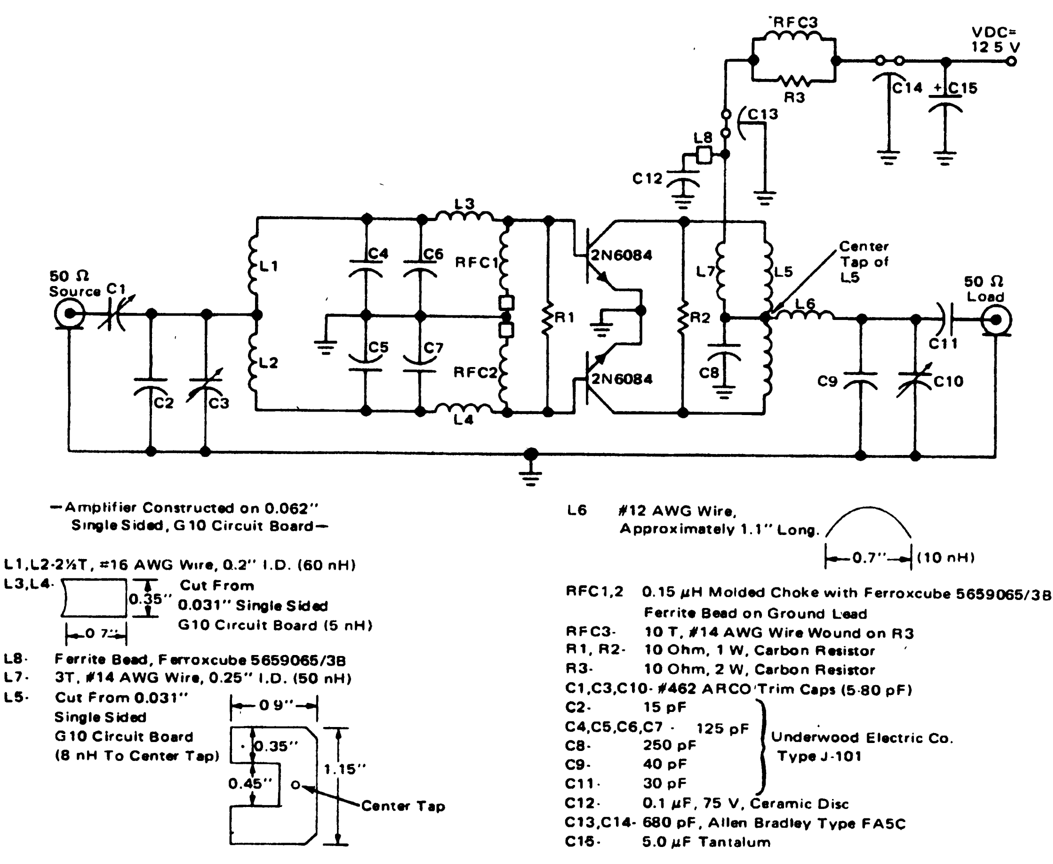
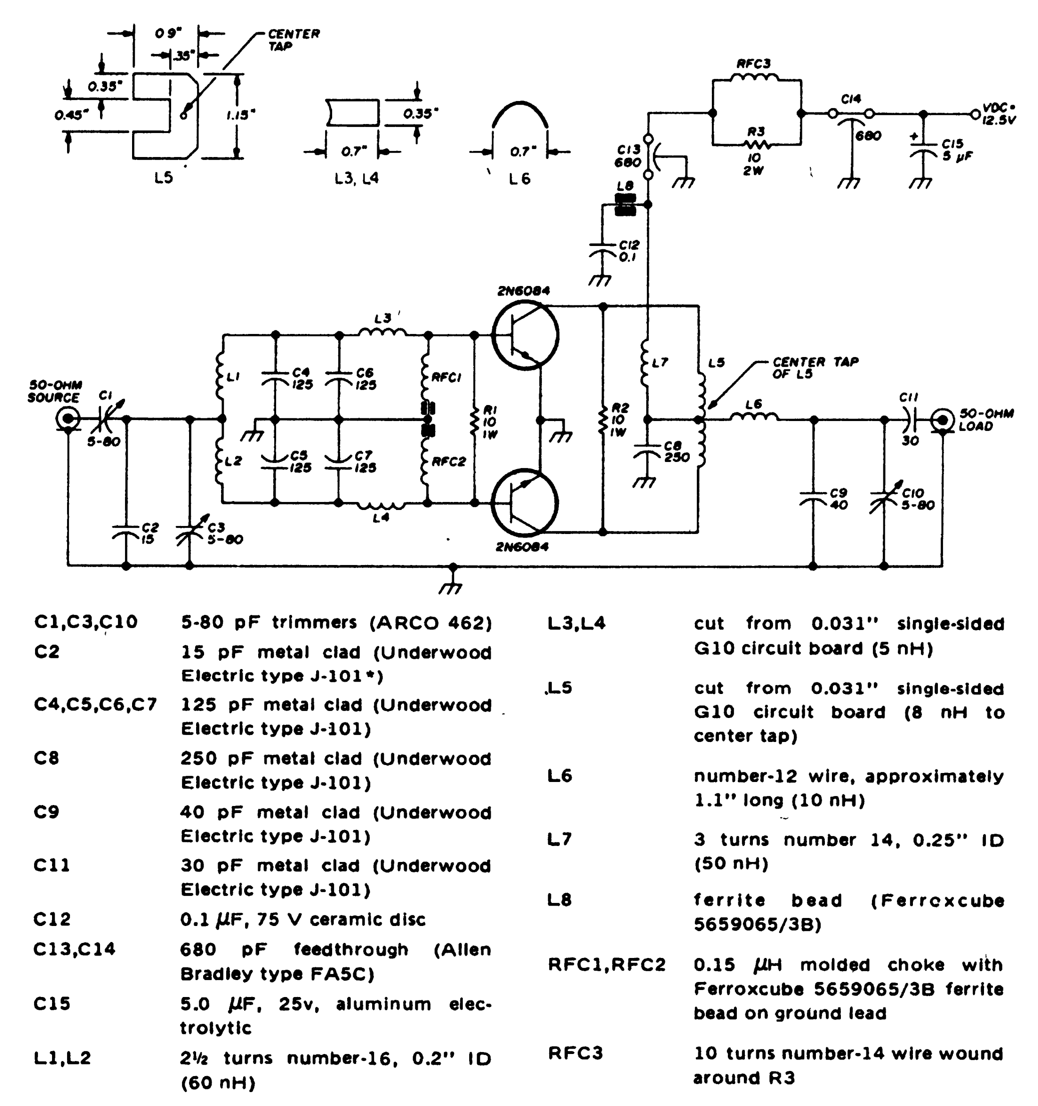


Рис. 7.32

Передатчик (рис. 7.32) выдает указанную выходную мощность в 50-омную нагрузку и используется в сотовой сети наземного базирования. Схема может работать без нагрузки или с короткозамкнутой нагрузкой без выхода из строя транзисторов. В схеме применяются транзисторы 2N6084 компании Motorola, которые оптимизированы для ЧМ-режима работы при питании от источника с напряжением 12,5 В. Транзисторы используются в параллельном режиме работы и имеют общую точку, а также выходные сигналы, которые разделены друг от друга с помощью катушки L5.

7.33. Усилитель мощностью 80 Вт для 2-метрового диапазона



C1,C3,C10	5-80 pF trimmers (ARCO 462)	L3,L4	cut from 0.031" single-sided G10 circuit board (5 nH)
C2	15 pF metal clad (Underwood Electric type J-101*)	L5	cut from 0.031" single-sided G10 circuit board (8 nH to center tap)
C4,C5,C6,C7	125 pF metal clad (Underwood Electric type J-101)	L6	number-12 wire, approximately 1.1" long (10 nH)
C8	250 pF metal clad (Underwood Electric type J-101)	L7	3 turns number 14, 0.25" ID (50 nH)
C9	40 pF metal clad (Underwood Electric type J-101)	L8	ferrite bead (Ferroxcube 5659065/3B)
C11	30 pF metal clad (Underwood Electric type J-101)	RFC1,RFC2	0.15 μH molded choke with Ferroxcube 5659065/3B ferrite bead on ground lead
C12	0.1 μF, 75 V ceramic disc	RFC3	10 turns number-14 wire wound around R3
C13,C14	680 pF feedthrough (Allen Bradley type FA5C)		
C15	5.0 μF, 25v, aluminum electrolytic		
L1,L2	2½ turns number-16, 0.2" ID (60 nH)		

Рис. 7.33

Однокаскадный усилитель (рис. 7.33) использует 2 транзистора 2N6084 и может настраиваться на диапазон от 144 до 175 МГц. Для получения выходной мощности 80 Вт на частоте 144 МГц на вход усилителя необходимо подать входную мощность 20 Вт. Усиление по мощности составляет 6 дБ при частоте 144 МГц.

7.34. Возбудитель мощностью 1 Вт для диапазонов частот 7 и 14 МГц

Amidon T-50-2 core, enameled copper wire
L_1 = 5.5 turns, No. 22 over ½ core circumference
L_2 = 34 turns, No. 24
L_3 = 2.5 turns, No. 22 over ¼ core circumference
L_8 = T-50-2 core, 9 turns, No. 22 spaced evenly over circumference of core
RFC_1 = 15 turns, No. 28, Amidon FB-73-801 jumbo bead

20 meters	40 meters
$L_4 - L_5 - L_6 - L_7$	$L_4 - L_5$ $L_6 - L_7$

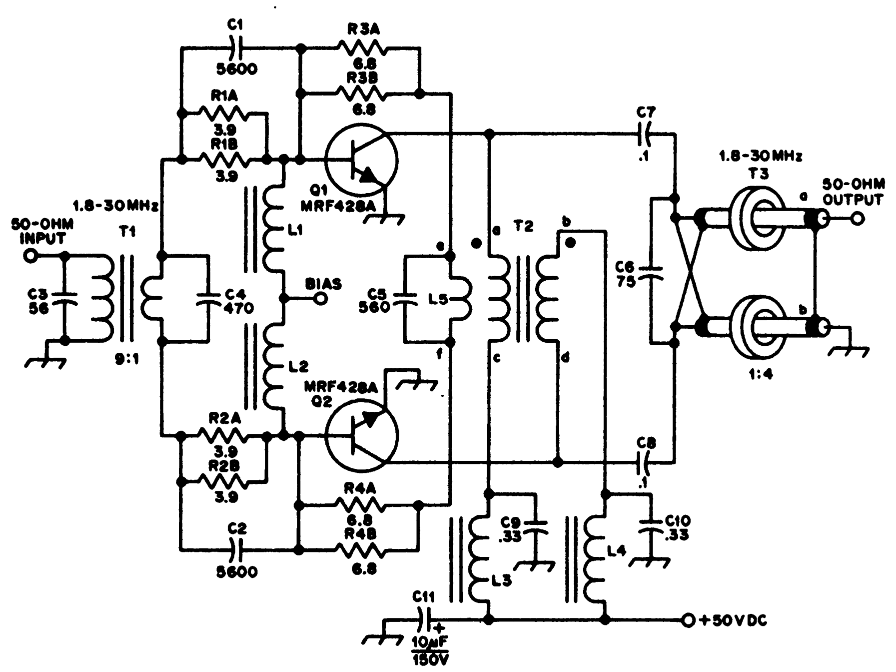
T-50-2 cores, enameled copper

20 meters	40 meters
L_4 = 1.5 turns, No. 24	L_4 = 2 turns, No. 24
L_5 = 10 turns, No. 22	L_5 = 14 turns, No. 22
L_6 = 7 turns, No. 22	L_6 = 11 turns, No. 22
L_7 = 2 turns, No. 24	L_7 = 2 turns, No. 24

Рис. 7.34

Схема (рис. 7.34) предназначена для использования в простом маломощном передатчике с полупроводниковым генератором перестраиваемой частоты (VFO), который перекрывает диапазон 40—20 м. Для управления можно применять любой генератор перестраиваемой частоты на 7 МГц, который выдает сигнал с эффективным значением напряжения равным 0,45 В на 1000-омной нагрузке. Схема состоит из буферного усилителя на транзисторе Q_1 класса "А" и ключа Морзе на транзисторе Q_2. Транзистор Q_3 является усилителем класса "С" для частоты 7 МГц (40 м) и с удвоителем частоты для 14 МГц (20 м). В схеме применяют следующие транзисторы: Q_1 типа MPS6514, Q_2 — 2N3906 или эквивалентный ему, Q_3 — MPS-U31. Все обмотки ВЧ-трансформаторов выполнены на ферритовых тороидальных сердечниках Т-50-2 производства компании Amidon.

7.35. Схема линейного усилителя мощностью 300 Вт на полупроводниках



L1, L2 – Rf choke (Ferroxcube VK200-19/4B or equiv.)
L3, L4 – Rf choke (Ferroxcube 56-590-65/3B or equiv.)
T1 – Broadband 9:1 transformer on ferrite core (Stackpole 57-1845-24B or Fair-Rite Prod. 2973000201, or equiv. See text).
T2 – 7 bifilar turns of No. 20 enam wire on Stackpole 57-9322 or Indiana General F627-8Q1 toroid core.
T3 – 14 turns Microdot 260-4118-000 25-ohm submin. coax cable (or equiv.) wound on each of two toroid cores. Cores are Stackpole 57-9074 or Indiana General F624-19Q1, or equiv.

Рис. 7.35

Схема усилителя класса "А" использует 2 транзистора типа MRF428A (рис. 7.35). На базы транзисторов подается напряжение смещения. Для создания смещения используется отдельный регулируемый источник напряжения на 0,5—1 В, подключаемый к точке "BIAS". Входной сигнал в диапазоне частот от 1,8 до 30 МГц подается на усилитель через трансформатор Т1.

7.36. Передатчик мощностью 500 мВт для диапазона 180 кГц

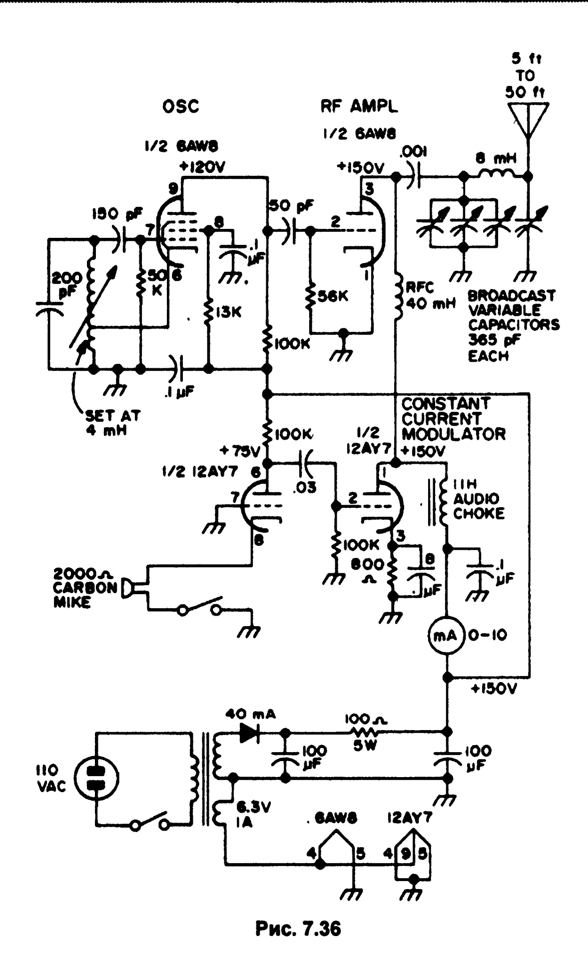


Рис. 7.36

Схема (рис. 7.36) соответствует требованиям Федеральной комиссии связи (FCC) и предназначена для любительского радиодиапазона 160—190 кГц с анодной выходной мощностью 1 Вт и антенной длиной до 50 футов, подключенной к выходу. Дальность действия передатчика составляет около 1 мили. Используется ламповый генератор с электронной связью, чтобы минимизировать изменение частот во время модуляции. Модуляция осуществляется с помощью микрофона, включенного в катодную цепь лампы 12AY7. Усилитель радиочастоты автоматически поддерживает напряжения смещения. Дроссель 400 мГн в анодном контуре усилителя работает почти при собственном резонансе, т. е. при 180 кГц.

7.37. АМ-передатчик мощностью 2,5 Вт для авиасвязи

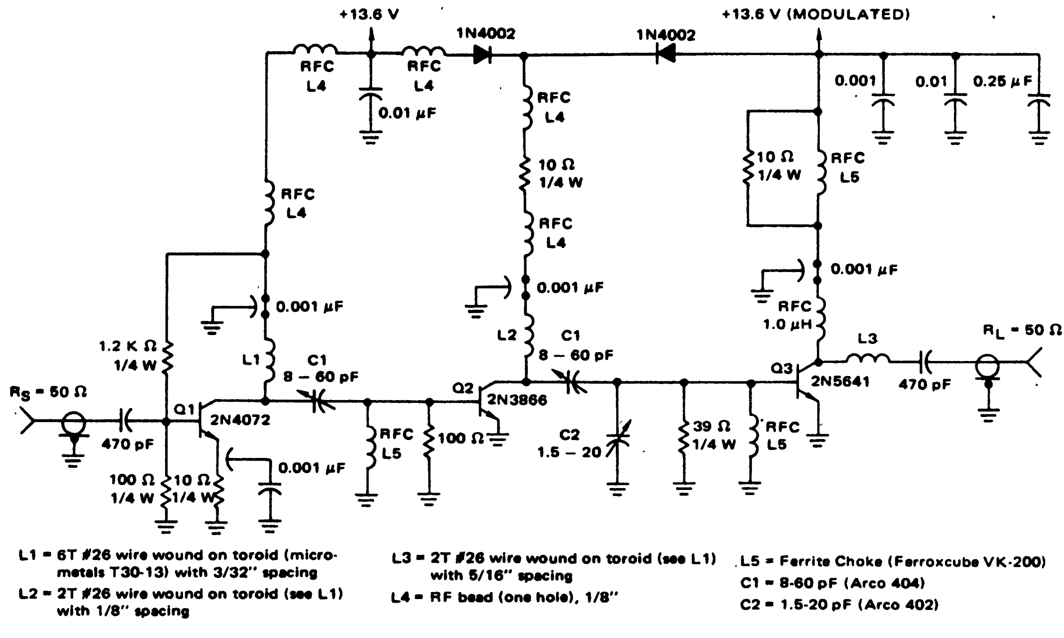


Рис. 7.37

Схема передатчика (рис. 7.37) питается от источника постоянного тока с напряжением 13,6 В, перекрывает диапазон частот 118— 136 МГц без дополнительной настройки и имеет 50-омные вход и выход. Предварительный усилитель выполнен на транзисторе Q1 по схеме класса "А". Усилители на транзисторах Q2 и Q3 работают без начального смещения в режиме класса "С". Модуляция несущей частоты осуществляется в оконечном каскаде путем изменения питающего напряжения. Диоды 1N4002 ограничивают снижение влияния модуляции на усилительный каскад на транзисторе Q2. Коэффициент модуляции составляет 95 %. Ток потребления от источника питания передатчика имеет значение 345 мА.

7.38. QRP-передатчик мощностью 7 Вт

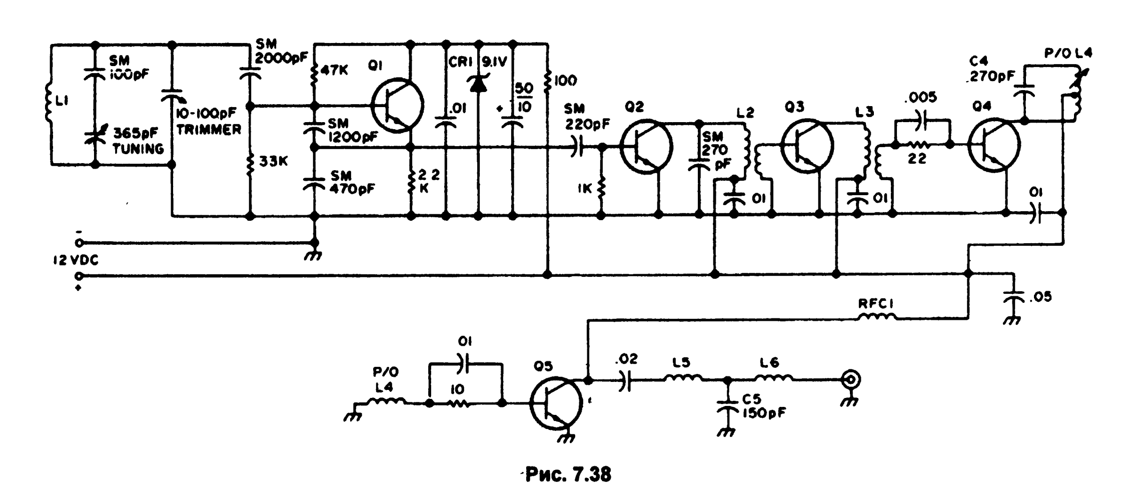


Рис. 7.38

Схема (рис. 7.38) рассчитана для работы с максимальной мощностью 7 Вт при QRP-радиосвязи (маломощной радиосвязи) в любом CW-диапазоне 80—10 м в случае использования, как правило, неэффективных антенн переносных устройств для того, чтобы при передаче иметь возможность пробиваться сквозь помехи. Генератор перестраиваемой частоты собран на транзисторе Q1 типа 2N709. Сигнал несущей частоты усиливается по напряжению трехкаскадным усилителем на транзисторах Q2—Q4. Первый каскад на транзисторе Q2 (2N697) представляет собой буферный усилитель. Второй каскад на транзисторе Q3 типа 2N697 — усилитель. Предоконечный каскад, собранный на транзисторе Q4 типа GE63, управляет оконечным усилителем на транзисторе Q5 типа HEP53001 производства компании Motorola. В режиме телеграфии телеграфный ключ может быть подключен к каскадам на транзисторах Q2, Q3 или Q4.

7.39. Схема для измерения максимальной мощности

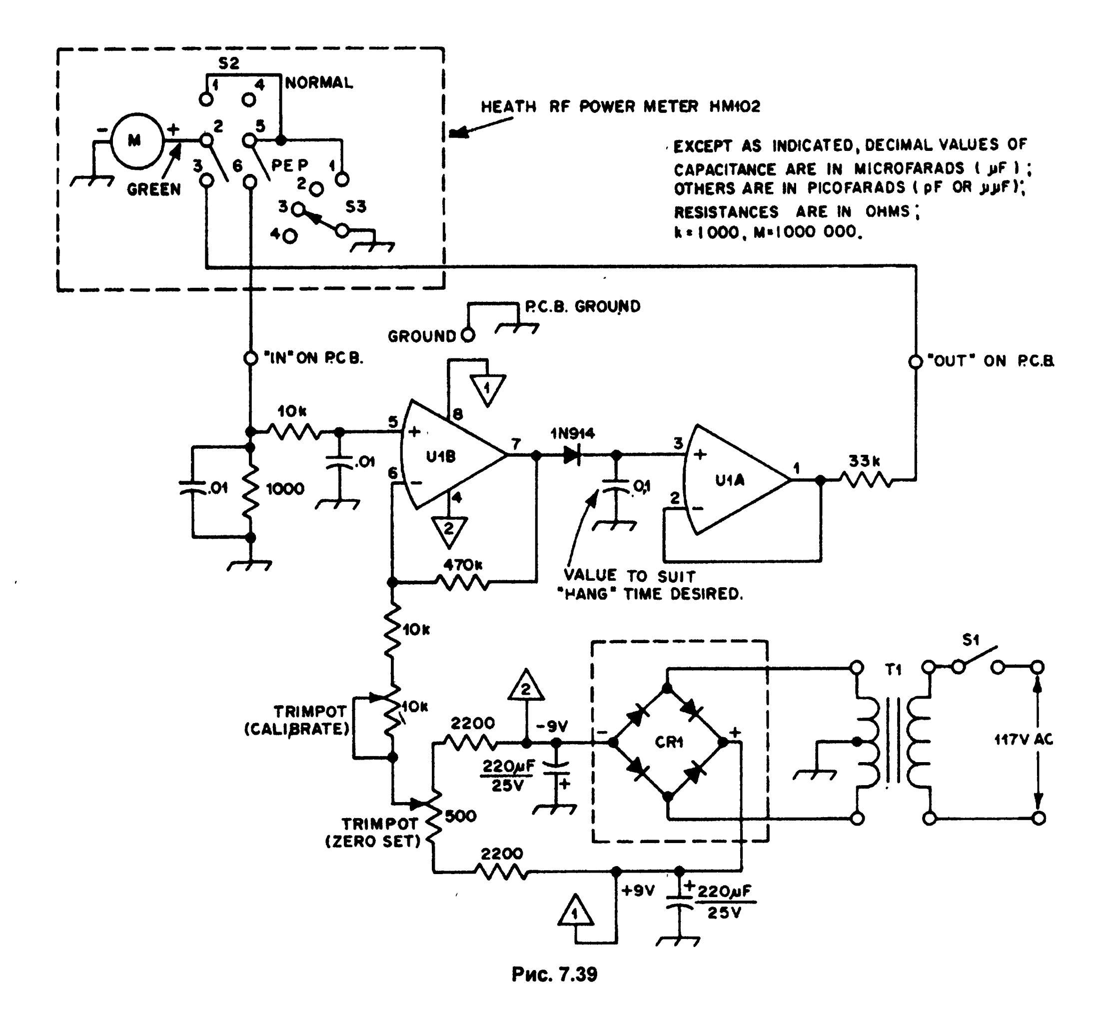


Рис. 7.39

Добавление к прибору НМ-102, выделенному штриховой линией в верхней части рис. 7.39, или же аналогичному ВЧ-ваттметру, усилительной схемы, а также выпрямителя позволяет проводить измерение максимальной выходной мощности радиопередатчиков. Двухполюсный переключатель S2 добавляется к ваттметру для возможности выбора желаемого диапазона измерения. В схеме используется микросхема LM1458 или эквивалентный сдвоенный операционный усилитель. Протекающий ток через диод 1N914 заряжает конденсатор емкостью 0,1 мкФ, подключенный к выводу 3 микросхемы U1A, и увеличивает время обратного хода измерительного прибора на нуль, что позволяет достаточно долго считывать показания максимальной мощности. Для калибровки потенциометр 10 кОм следует установить так, чтобы при измерении максимальной мощности, т. е. когда переключатель S2 установлен в положение "PEP", показание прибора было бы равно показанию при установке этого переключателя в положение "Normal" и в том случае, когда CW-выход передатчика используется как тестовый сигнал. Трансформатор T1 схемы должен иметь вторичную обмотку с отводом от средней точки, которая (обмотка) должна быть рассчитана на напряжение 12,6 В при токе 100 мА.

7.40. Усилитель мощностью 25 Вт для передатчика диапазона 450–470 МГц

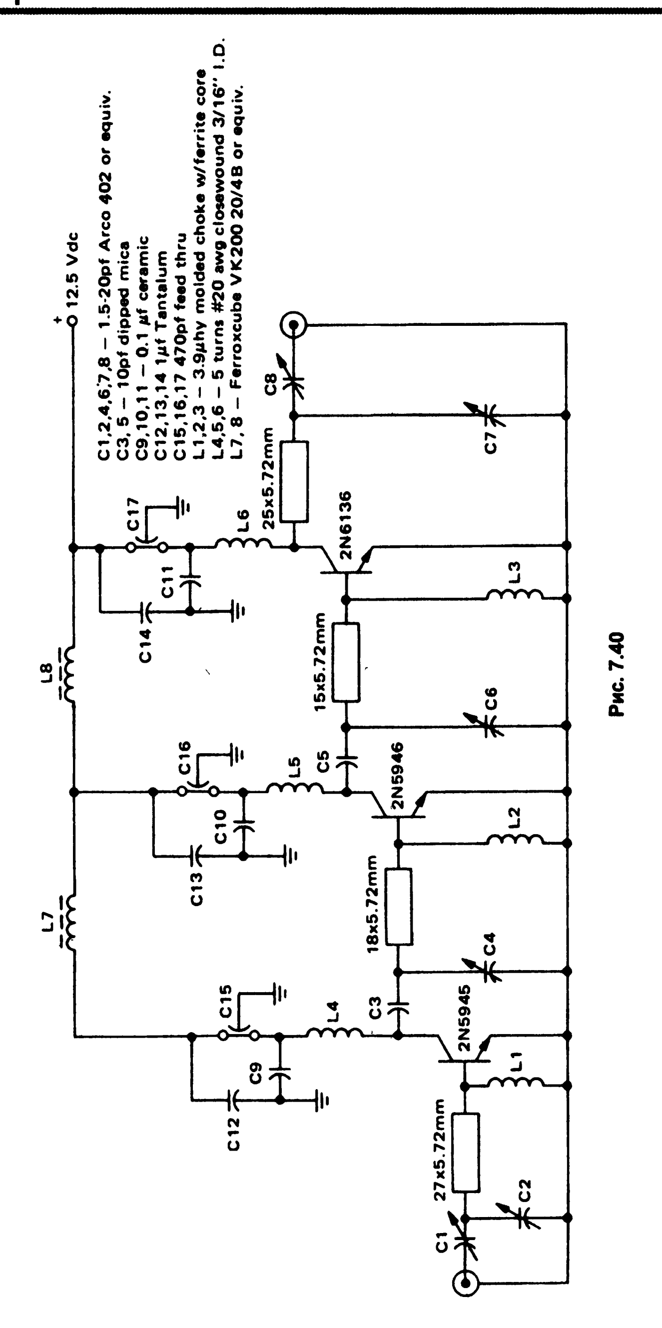


Рис. 7.40

Усилитель мощности (рис. 7.40) для наземной сотовой связи вместе с 12,5-вольтовым передатчиком собран на двусторонней печатной плате. Усиление мощности на частоте 470 МГц составляет 19,5 дБ при КПД (коэффициенте полезного действия) 47 %. Все каскады усилителя работают в классе "С".

7.41. CW-передатчик для диапазона 40 м

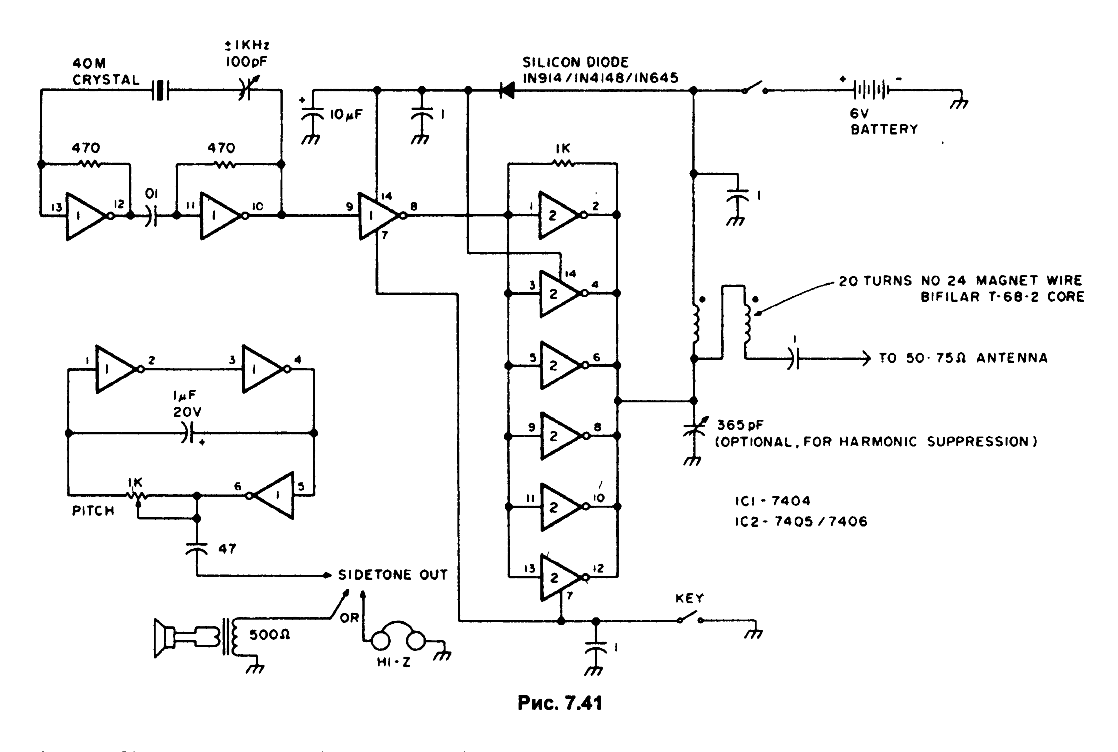


Рис. 7.41

Схема CW-передатчика (рис. 7.41) обеспечивает на выходе 250 мВт ВЧ-мощности при питании от 6-вольтовой батареи. Задающий кварцевый генератор, буферный усилитель, низкочастотный усилитель и усилитель мощности выполнены с использованием двух цифровых микросхем, состоящих из шести инверторов каждая. Самопрослушивание возможно с наушниками или маленьким динамиком, имеющим высокое сопротивление. Несущая частота с помощью подстроечного конденсатора емкостью 100 пФ может настраиваться на 1 кГц выше или ниже номинальной частоты кварцевого резонатора.

7.42. Мобильный ЧМ-передатчик мощностью 80 Вт для диапазона 175 МГц

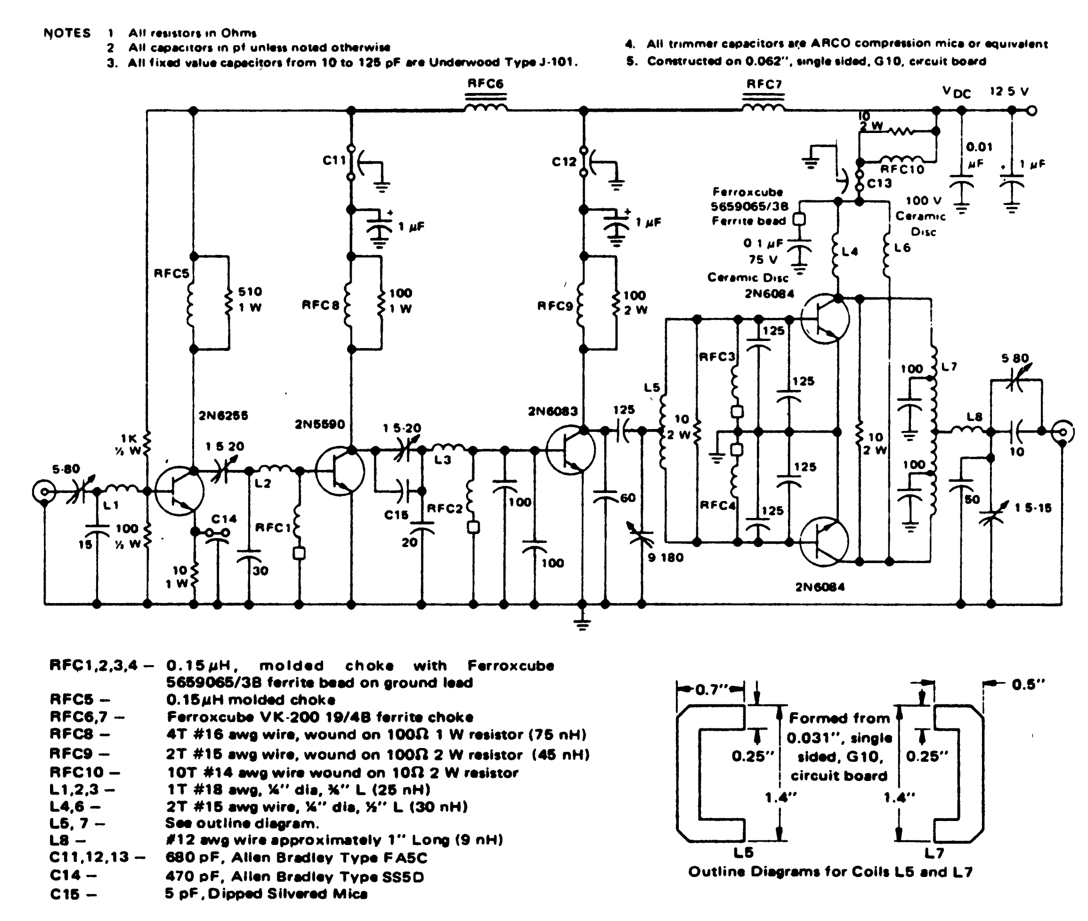
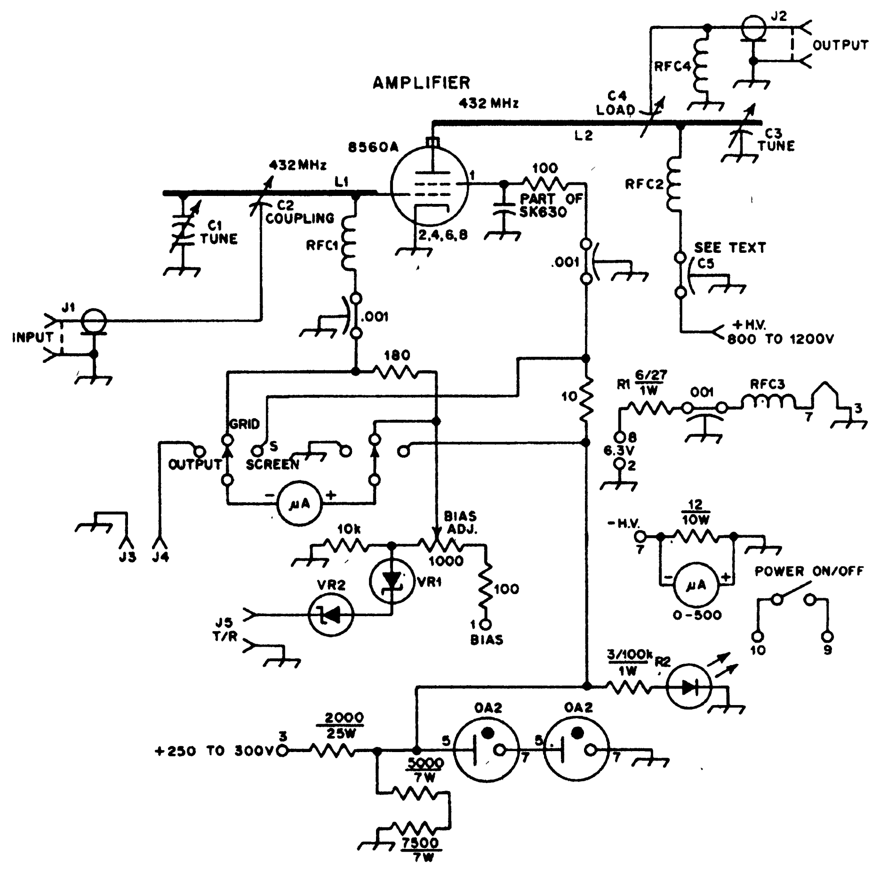


Рис. 7.42

В схеме (рис. 7.42) используются транзисторы компании Motorola, которые оптимизированы для 12,5-вольтового питания и работы в ЧМ-режиме. Все усилительные каскады (кроме первого) имеют класс "С". Техника распределения сигналов на входе и выходе схемы мощного каскада минимизирует проблемы неравного распределения нагрузки и подгонки крайне низких уровней импеданса. Наибольшее усиление схемы составляет 26 дБ при КПД 49,5 %.

7.43. Линейный усилитель мощностью 100 Вт для диапазона 432 МГц



L1 — 1-3/4 X 4-inch double-sided pc board, spaced 7/8-inch from chassis.
L2 — 3-1/2 X 6-1/4-inch double-sided pc board or aluminum strip. Length from tip of line to tube center is 7-1/8 inches.
C1 — 1.8- to 5.1-pF air variable, E. F. Johnson 160-0205-001. Mount on phenolic bracket.
C2 — 1/2-inch dia disk on center conductor of coaxial extension.
C3,C4 — Spring-brass flapper type tuning capacitors.
C5 — 2-1/2 X 4-inch pc board, single-sided, with .01-inch thick Teflon sheet for insulation to chassis. Copper-foil side mounted toward the chassis wall.
CR1 — 1/4-inch dia LED.
R1 — 27 ohm, 1-W resistor, 6 in parallel.
R2 — 100-kΩ 1-W resistor 3 in parallel.

Рис. 7.43

Усилитель средней мощности с тетродом типа 8560А (рис. 7.43), работающий в режиме "В" на частоте 432,15 МГц, при мощности возбуждения 7 Вт на входе выдает максимальную выходную мощность, которая необходима при работе со спутником Oscar. Во входном контуре используется индуктивность L1, реализованная на основе полуволновой линии и выполненная печатным способом на двусторонней печатной плате. Входной сигнал подключается к сетке тетрода через подстроечный конденсатор С2. Полуволновая линия в анодной цепи тетрода корректируется емкостью между подвижными пластинами конденсатора С3.

7.44. Генератор перестраиваемой частоты для диапазонов 7 и 14 МГц

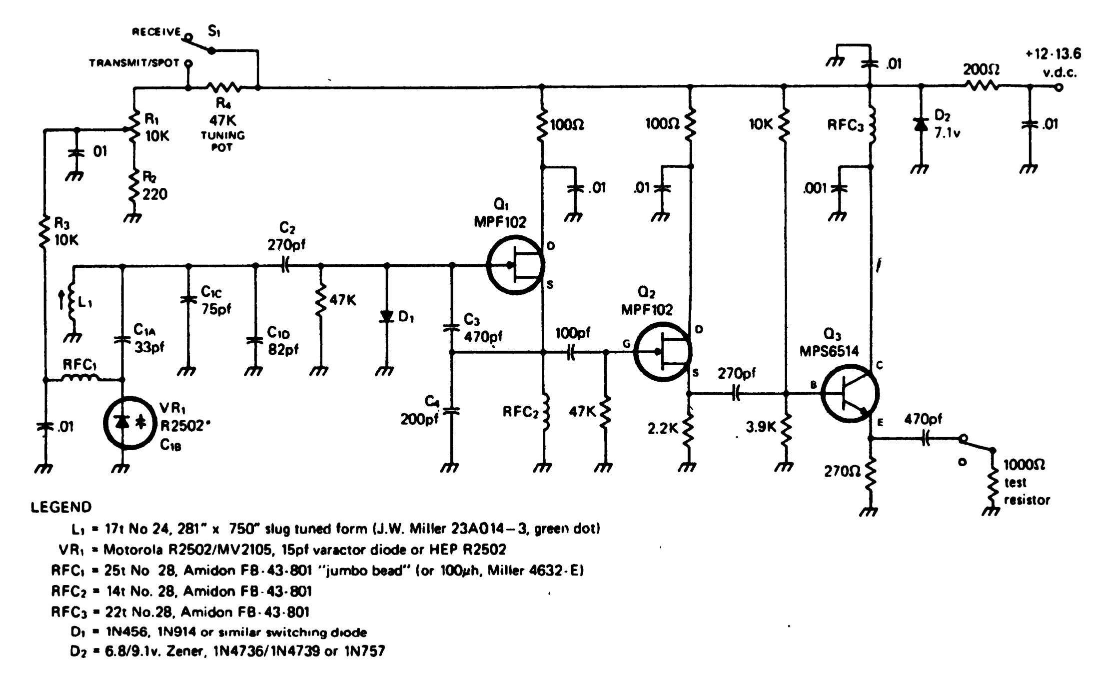


Рис. 7.44

Норма дрейфа генератора перестраиваемой частоты компании Seiler может составлять менее 100 Гц, если печатная плата и выбор деталей сделаны очень тщательно. Сигнал от генератора на полевом транзисторе Q_1 (рис. 7.44) поступает к буферному усилительному каскаду на транзисторах Q_2 и Q_3. Напряжение постоянного тока на варикапе генератора может изменяться с помощью подстроечного резистора R_1. Схема разработана для применения с 1-ваттным полупроводниковым маломощным передатчиком, работающим в диапазонах 40 м (7 МГц) и 20 м (14 МГц). Для улучшения стабильности генератор перестраиваемой частоты включен непрерывно. Если сигнал генератора проникает в приемник и мешает поступающему сигналу, то сопротивление R_4 добавляется в схему включением переключателя S_1 в положение "RECEIVE" (Прием) и разделяет генератор с рабочей частотой. Сопротивление смещения R4 может служить также для растягивания диапазона при работе на 20 м.

7.45. УКВ-передатчик мощностью 10 Вт для диапазона 450 МГц

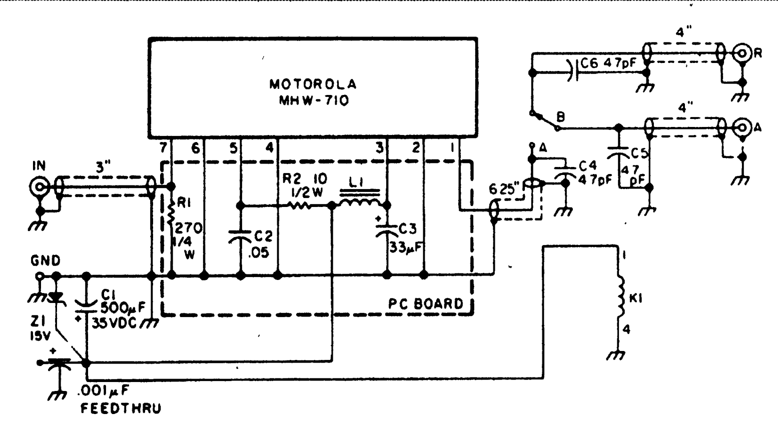


Рис. 7.45

В схеме (рис. 7.45) используется готовый модуль усилителя мощности MHW-710 производства компании Motorola, который потребляет ток 2,7 А при напряжении 13,8 В постоянного тока. Разработано для применения в быстро сканирующем любительском ТВ-передатчике, с НЧ на видеонесущей частоте и коммутацией "прием-передача". В схеме применяются реле K1 типа 275—206 производства компании Archer (Radio Shack), катушка L1 — с сердечником из материала феррокскуба типа VK200-20/4B.

7.46. Широкополосный усилитель мощностью 5 Вт на МОП-транзисторе

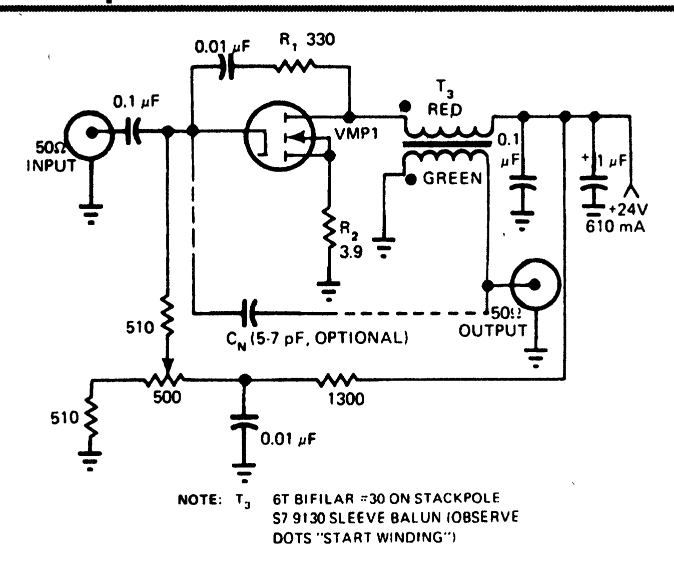


Рис. 7.46

Линейный широкополосный усилитель использует только один МОП-транзистор типа VMP1 производства компании Siliconix (рис. 7.46) для достижения усиления около 15 дБ во всем диапазоне частот от 2 до 100 МГц. Нагрузкой усилителя служит трансформатор T_3. Напряжение смещения регулируется подстроечным резистором с сопротивлением 500 Ом.

7.47. Ламповый усилитель мощности на 1200 Вт

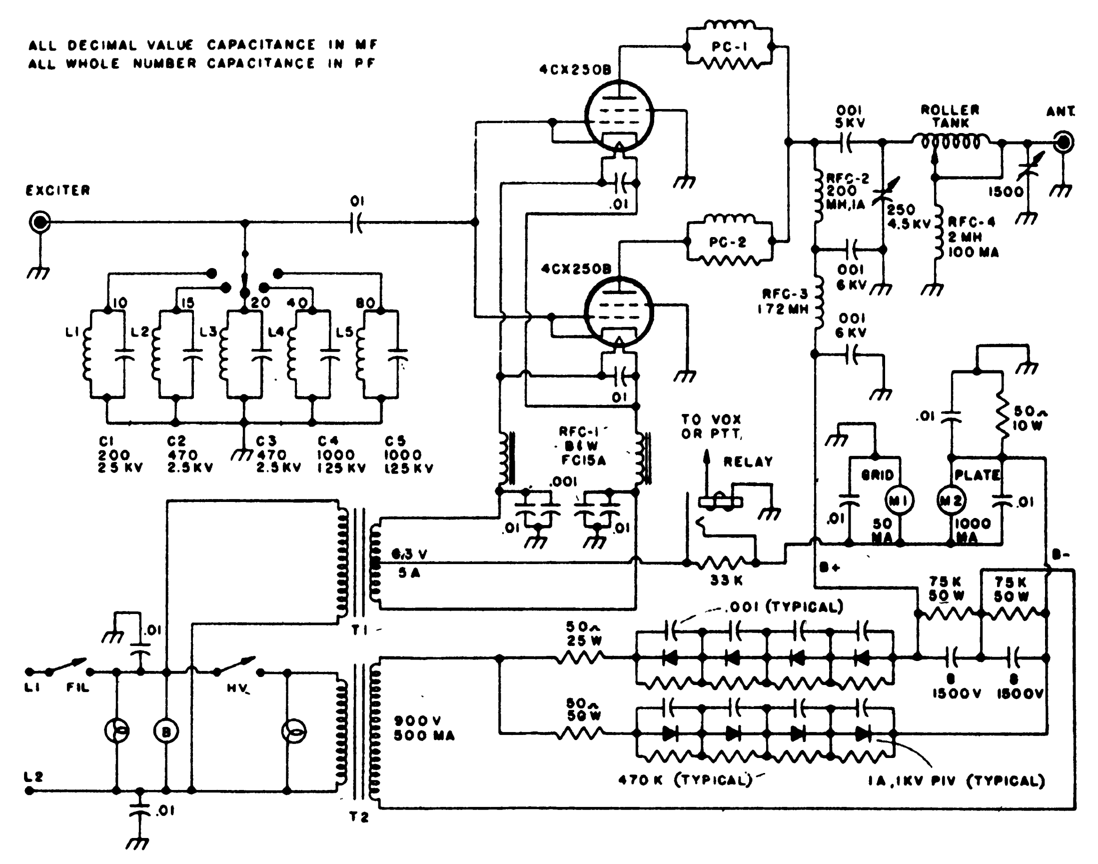


Рис. 7.47

Керамические тетроды 4CX250B (рис. 7.47) включены по схеме, как триоды с низким коэффициентом усиления и с соединенной управляющей сеткой и катодом. Для управления усилителем требуется сигнал мощностью 200 Вт. Настроенные контуры на входе схемы, включенные в катодную цепь, представляют лучшую нагрузку для возбудителя. Напряжение смещения создается сопротивлением 33 кОм в катодной цепи, которое замыкается накоротко во время режима работы реле. В режиме молчания анодный ток практически равен "0". Для каждого любительского диапазона требуется отдельно настроенный контур. В схеме используются катушки индуктивности PC-1 и PC-2, которые содержат 3 витка эмалированного провода № 16, намотанного поверх 50-омного углеродистого резистора мощностью 2 Вт.

7.48. Схема усилителя мощности на 10 Вт для диапазона 450—470 МГц

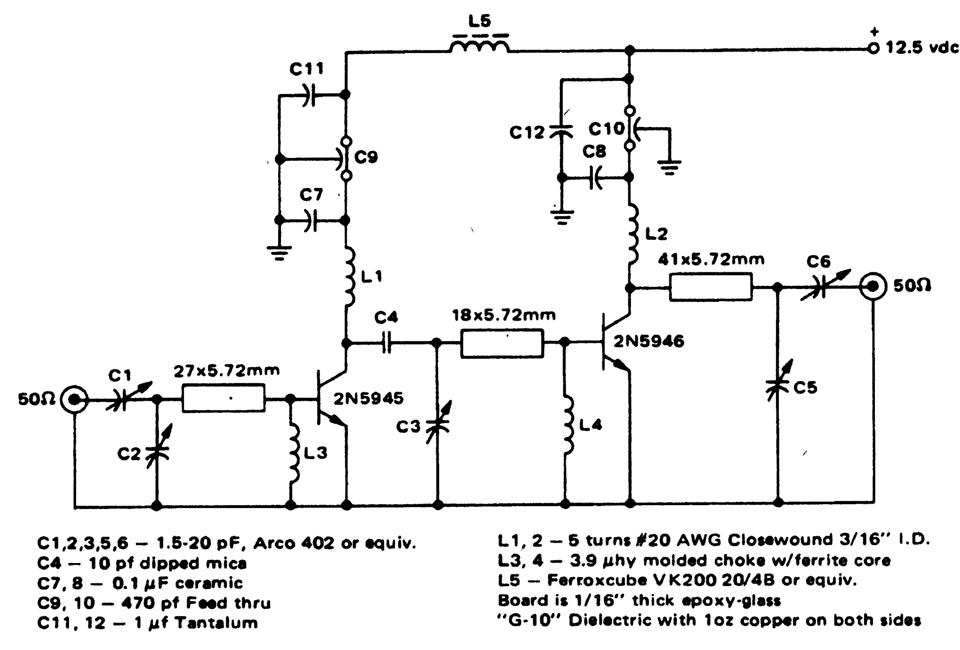


Рис. 7.48

Усилитель мощности (рис. 7.48) для передатчика сотовой связи с питающим напряжением 12,5 В собран на двусторонней печатной плате. Усилитель состоит из двух каскадов, которые работают без начального смещения, т. е. в классе "С". Усиление данного усилителя мощности на частоте 470 МГц составляет 14,5 дБ при КПД — более 55 %.

7.49. Ламповый усилитель мощностью 1 кВт с заземленной сеткой

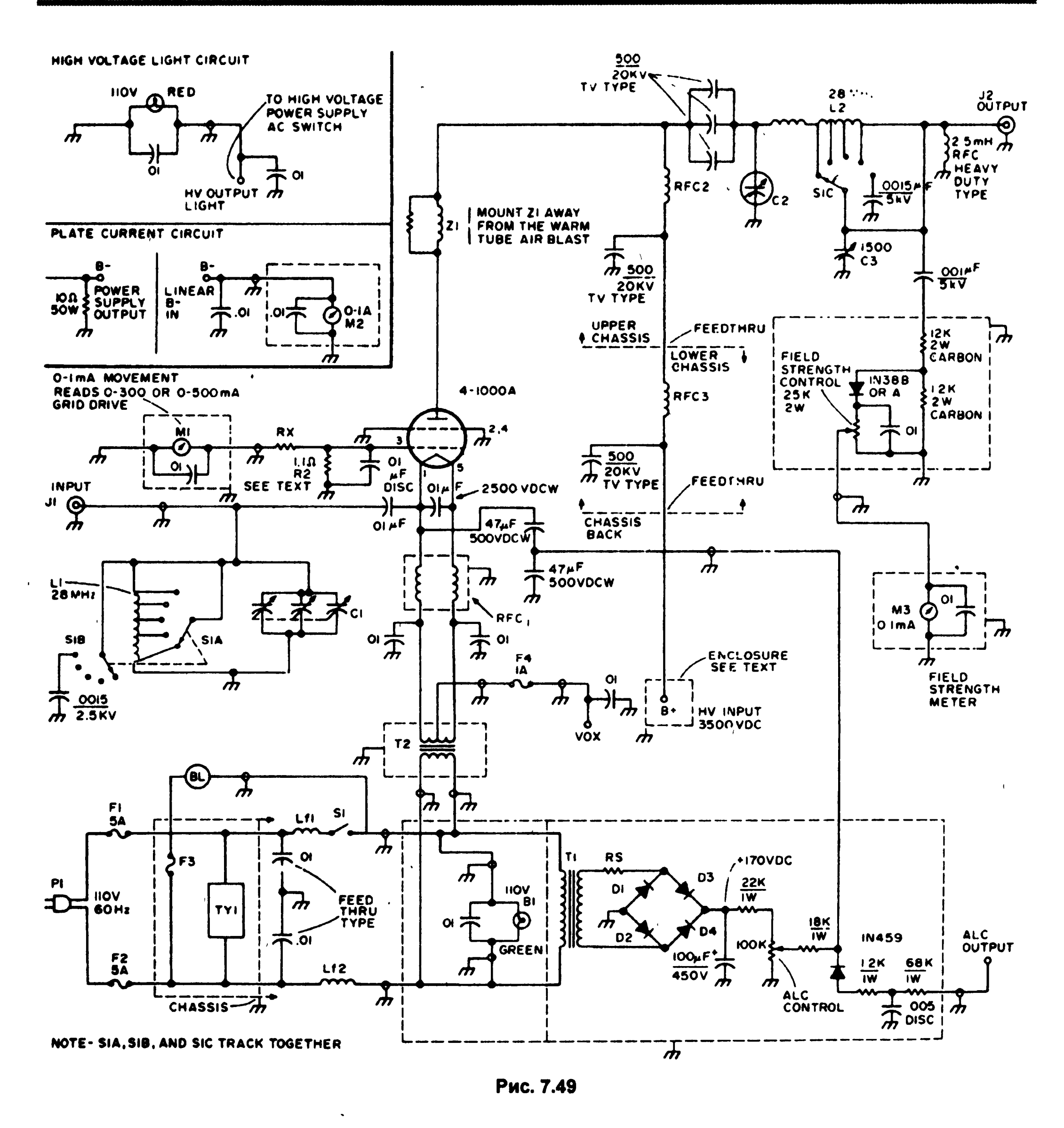


Рис. 7.49

Линейный усилитель класса "В" (рис. 7.49) предназначен для любительского КВ-передатчика и может переключаться на любой диапазон коротких волн между 80 и 10 м. Для управляющей сетки ток не может превышать 200 мА, а полный входной сигнал не должен подаваться без анодного напряжения на лампе. Для охлаждения лампы усилителя необходим вентилятор.

7.50. Передатчик мощностью 5 Вт для диапазона 80 или 40 м

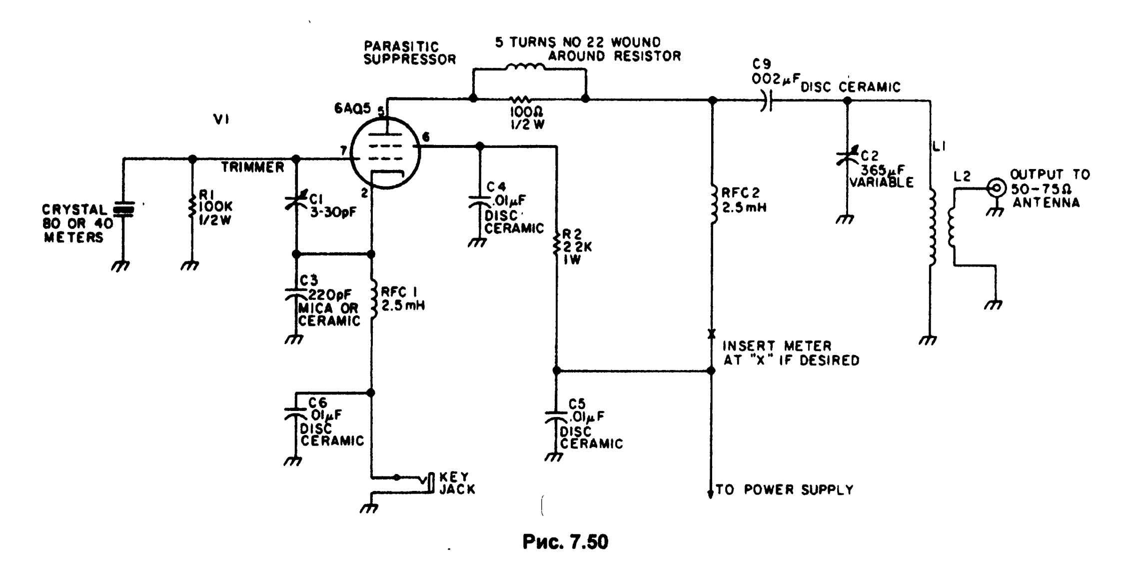


Рис. 7.50

Единственная лампа 6AQ5 (рис. 7.50), которая питается от источника с напряжением 200 В и обладает всеми параметрами, необходимыми для ее использования в маломощной любительской CW-станции, работающей в дуплексном режиме в диапазоне 40 м. Антенна может быть простым диполем высотой 8 футов. Катушка L1 имеет 15 витков эмалированного провода № 22, намотанных на пластмассовом сердечнике $1^1/_4$ дюйма, и 3 витка изолированного провода, намотанных для катушки L2, начиная от заземляемого вывода катушки L1.

7.51. Схема ЧМ-возбудителя для диапазона 2 м

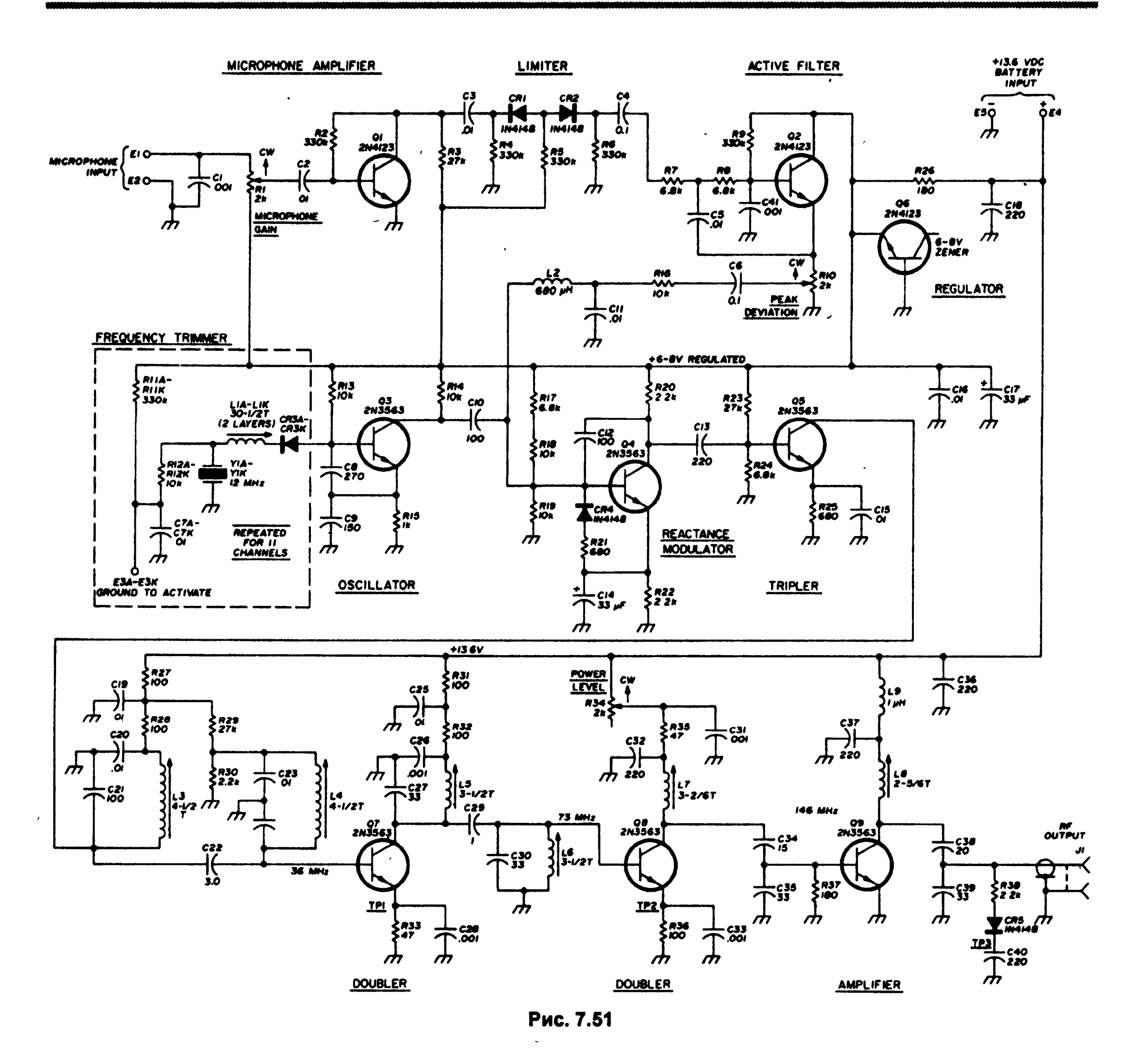
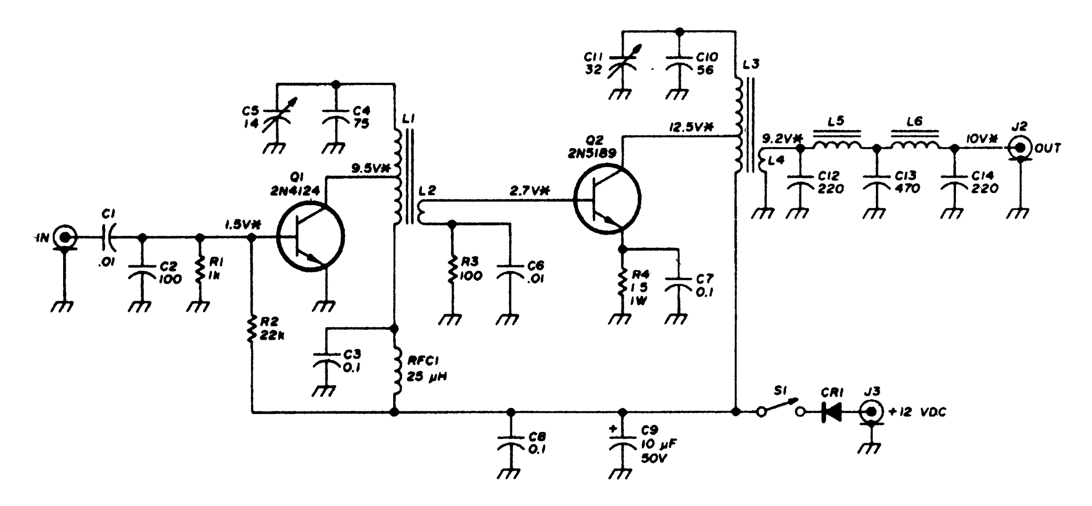


Рис. 7.51

Схема (рис. 7.51) содержит задающий кварцевый генератор, микрофонный усилитель, диодный ограничитель, активный фильтр низких частот, фазовый модулятор, три каскада умножителей частоты (утроитель и два удвоителя) и усилитель мощности. Микрофонный усилитель усиливает сигналы, поступающие от угольного или динамического микрофона. Активный фильтр нижних частот, который подключен после диодного ограничителя, обеспечивает необходимую для модуляции полосу частот. Низкочастотный сигнал используется для фазовой модуляции несущей частоты. Данная схема фазовой модуляции пригодна для многоканального использования или синтезатора частоты. В задающем генераторе используется кварцевый резонатор на 12 МГц. Для минимизации помех и взаимного влияния между каскадами по питающему напряжению для питания генератора, модулятора, а также активного НЧ-фильтра применяется отдельный стабилизатор напряжения с оконечным регулятором на транзисторе Q6. Выходная мощность схемы 150—200 мВ достаточно велика, чтобы управлять каскадами усилителей мощности высокой частоты производства компании Motorola.

7.52. Схема CW-передатчика мощностью 2 Вт для диапазона 20 м



C5	14-pF air variable (E. F. Johnson 160-0107-001)
C11	32-pF air variable (E. F. Johnson 160-0130-001)
L1	16 turns no. 24 enamelled on Amidon T-50-2 toroid core, tapped 6 turns from B+ end
L2	2 turns small insulated wire wound over B+ end of L1
L3	16 turns no. 20 enamelled on Amidon T-68-2 toroid core, tapped 3 turns from B+ end
L4	3 turns small insulated wire wound over B+ end of L3
L5 L6	11 turns no. 20 enamelled on Amidon T-50-2 core
RFC1	25-µH rf choke (Millen J300-25)

Рис. 7.52

Каскад на транзисторе типа 2N4124 (рис. 7.52) производства компании Motorola работает как усилитель класса "В". Без сигнала, если телеграфный ключ Морзе не нажат, ток коллектора будет почти равен нулю, и поэтому потребление электроэнергии минимально. Усилитель мощности выполнен на транзисторе типа 2N5189 производства компании RCA. Двойной П-образный фильтр на выходе схемы обеспечивает хорошее подавление гармоник. В качестве диода CR1, используемого для защиты от неверного подключения источника питания, можно применить любой выпрямительный кремниевый диод. В мобильном варианте схема питается от батарей карманного фонаря.

7.53. Двухтактный ВЧ-усилитель мощности на 50 Вт

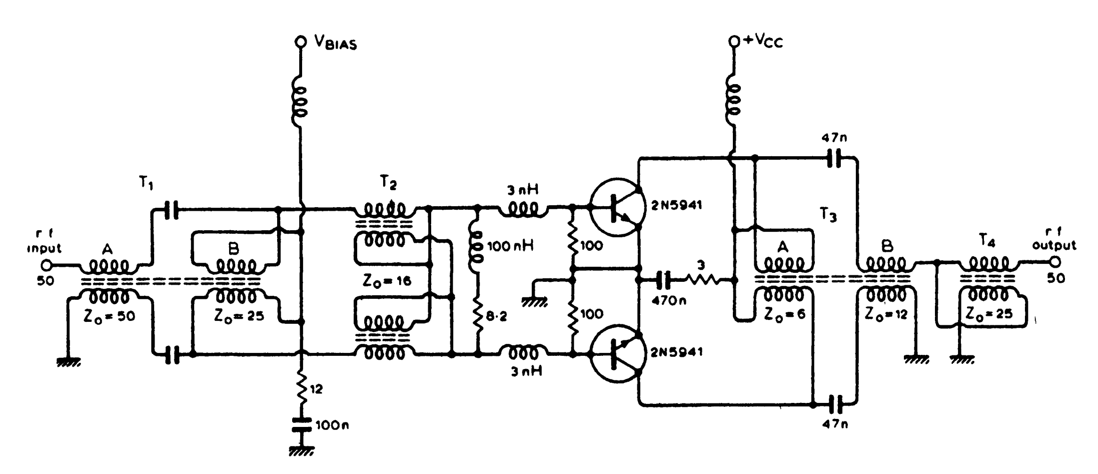


Рис. 7.53

Схема (рис. 7.53) однокаскадного высокочастотного усилителя мощности с широкополосными трансформаторами применяется при подключении к 50-омному источнику на входе, а на выходе при подключении так же к 50-омной нагрузке обеспечивает 50 Вт эффективной импульсной мощности (PEP) в диапазоне от 2 до 30 МГц, используя источник питания с напряжением 28 В.

7.54. Схема 10-ваттного усилителя мощности для диапазона 220 МГц

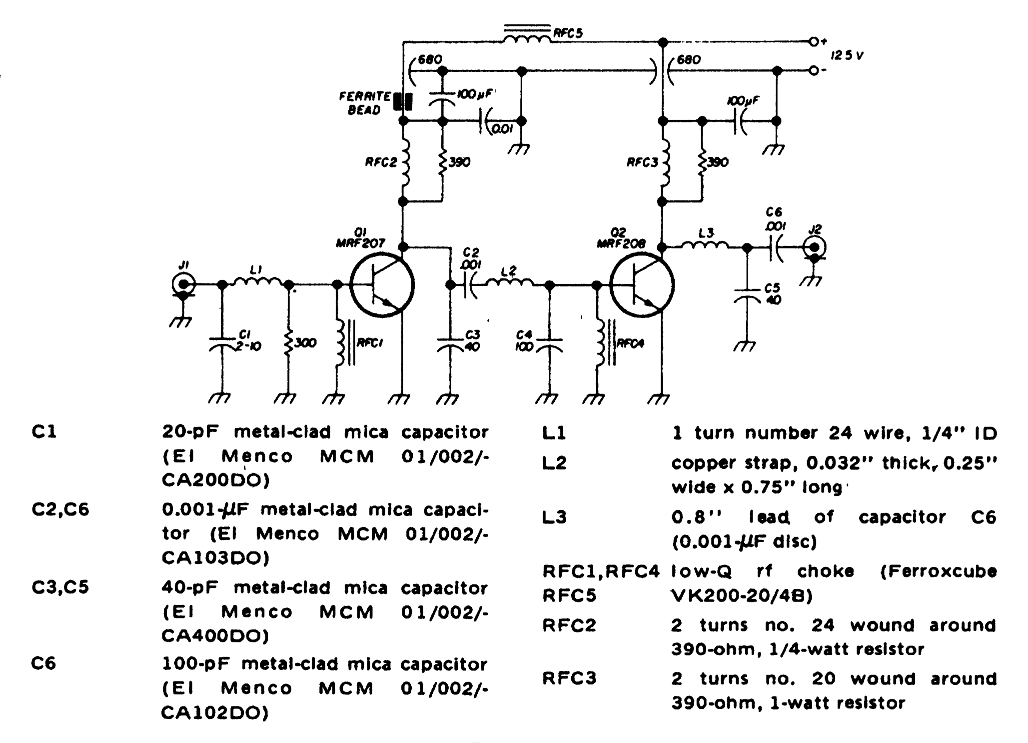
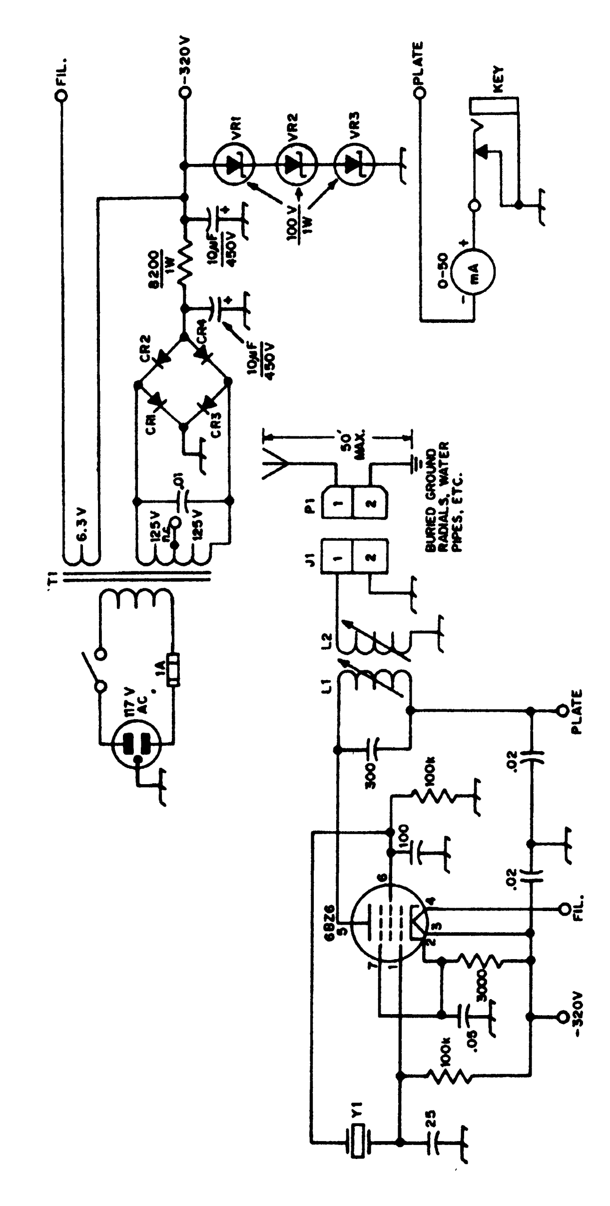


Рис. 7.54

Двухкаскадный ВЧ-усилитель мощности класса "С" (рис. 7.54), предназначенный для ЧМ-передатчиков УКВ-диапазона, имеет стабильное усиление 20 дБ для рабочего диапазона частот, начиная с частоты 40 МГц. Питание усилителя осуществляется от источника постоянного тока с напряжением 12,5 В.

7.55. Схема длинноволнового передатчика мощностью 1 Вт для диапазона 175 кГц



CR1-CR4, incl. — 400 PRV, 1-A Silicon diode.
L1 — Slug-tuned inductor, 0.5 to 3 mH (J. W. Miller No. 9003).
L2 — Slug-tuned inductor, 2 to 8 mH (J. W. Miller No. 9004).
T1 — Power transformer, 250 V ct and 6.3 V ac (Stancor PS-8416 or equiv.).
VR1, VR2, VR3 — Zener diode, 100 volt.
Y1 — 160 to 190 kHz.

Рис. 7.55

Простая схема передатчика (рис. 7.55), выполненная на одной электронной лампе с использованием источника питания на стабилитронах, дает возможность работать любительской CW-станции в пределах полосы частот 30 кГц длинных волн. Катушки индуктивности L1 и L2 настраиваются на резонансную частоту используемого в схеме кварца. Для наилучшего согласования между катушками их регулируют до тех пор, пока измерительный прибор не покажет допустимый ток между анодом и массой при выходной мощности выходного каскада 1 Вт. Антенной является вертикальная мачта с заглубленным в землю заземленным концом.

7.56. Усилитель мощностью 30 Вт для диапазона 40—180 МГц

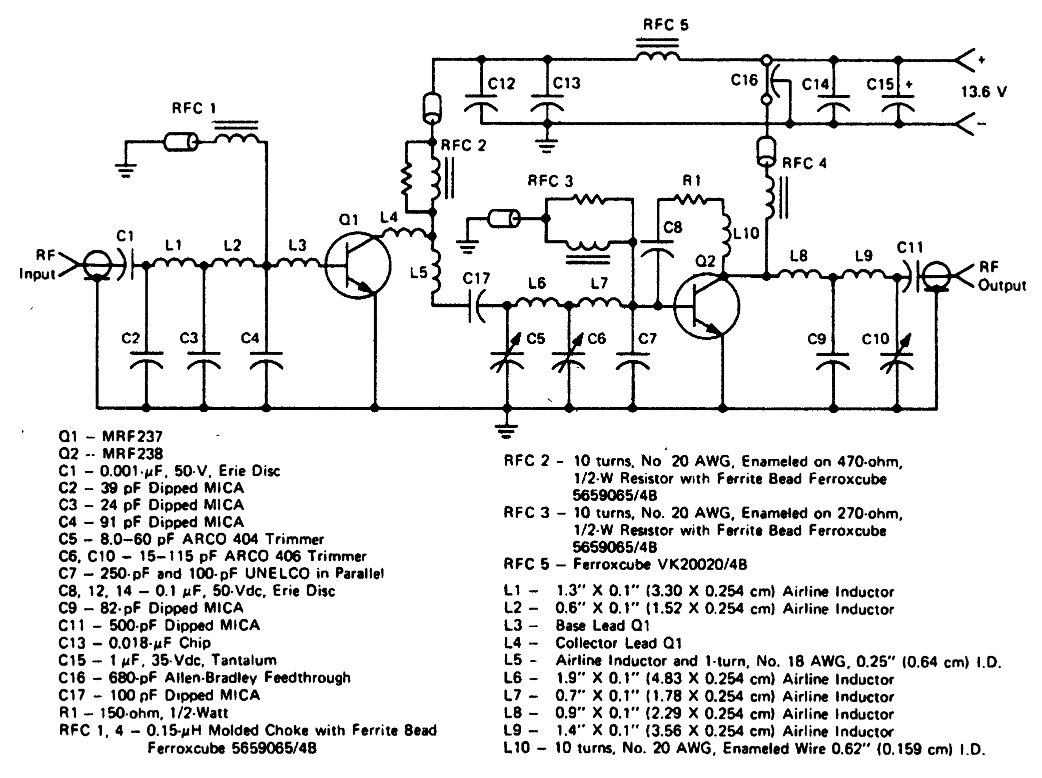


Рис. 7.56

Усилитель на 2 транзисторах (рис. 7.56) обеспечивает усиление 20 дБ для морских, любительских и коммерческих УКВ-передатчиков. Подстроечные конденсаторы (триммеры) устанавливаются на максимальный выходной сигнал в середине используемого диапазона, который представляет интерес. Возможен режим с рассогласованием 30:1 без возникновения неисправности.

7.57. Двухтактный усилитель на 400 Вт

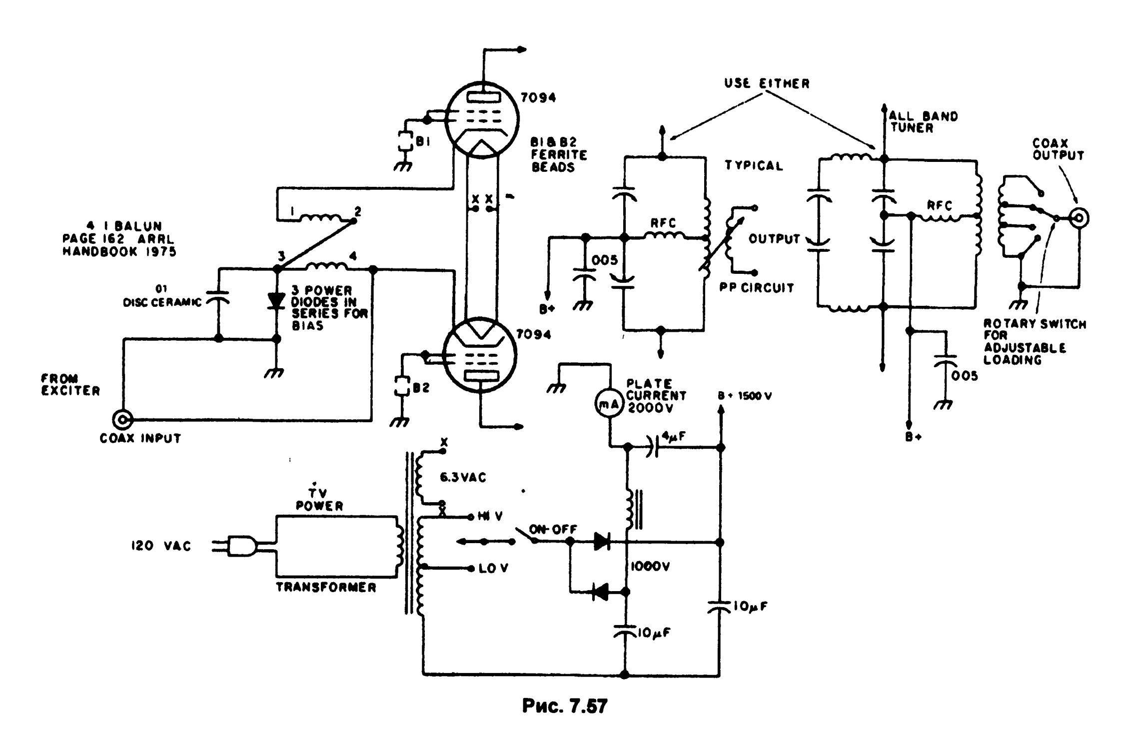
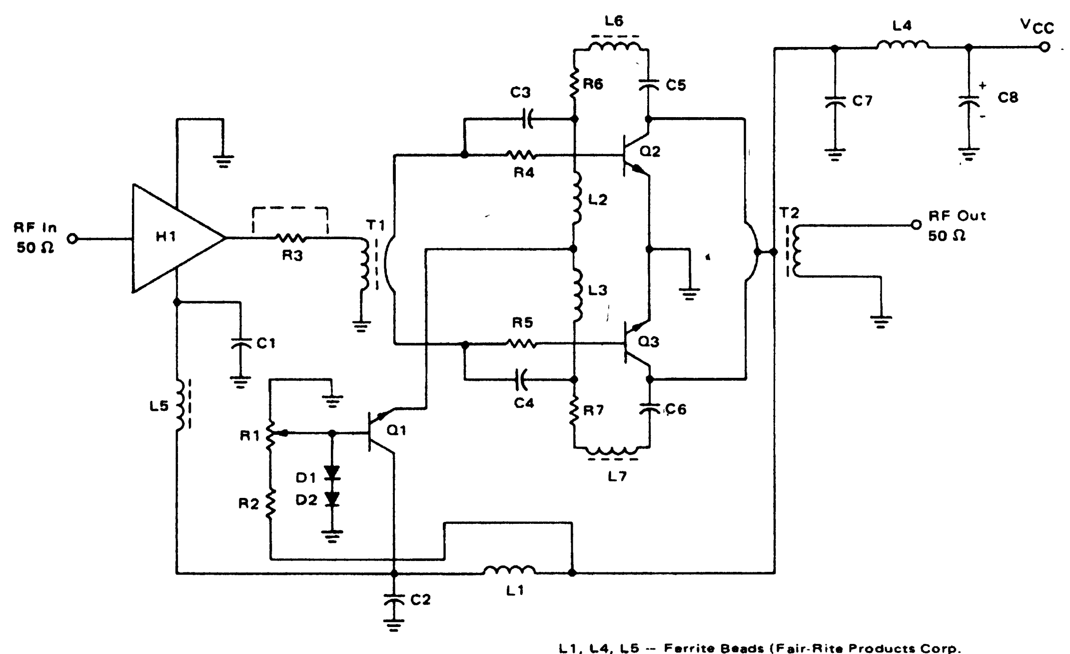


Рис. 7.57

Линейный двухтактный усилитель с заземленной сеткой (рис. 7.57) не нуждается ни в какой настройке, имеет согласующий трансформатор для управления и может использоваться либо с однополосным, либо с многополосным тюнером для любительского радиодиапазона. Согласующий трансформатор содержит 8 витков 72-омного двойного провода, намотанного на 2-дюймовом кольцевом сердечнике компании Amidon, чтобы достичь отношения 4:1.

7.58. Возбудитель с большим усилением, мощностью 20 Вт и диапазоном 1,6–30 МГц



R1 – 1 Ohm Trimpot
R2 – 1 k Ohm, 1/4 W
R3 – Optional
R4, R5 – 5. 6 Ohms, 1/4 W
R6, R7 – 47 Ohms, 1/4 W

C1, C2, C5, C6, C7 – 0.01 μF Chip
C3, C4 – 1800 pF Chip
C8 – 10 μF/35 V Electrolytic

L1, L4, L5 -- Ferrite Beads (Fair-Rite Products Corp. #2643000101 or Ferroxcube #56 590 65/38 or equivalent)
L2, L3 – 10 μH Molded Choke
L6, L7 – 0.1 μH Molded Choke

Q1 – MJE240
Q2, Q3 – MRF433

H1 – MHW591

T1, T2 – 4·1 and 1·4 Impedance Transformers, respectively (See discussion on transformers.) Ferrite Beads are Fair-Rite #2643006301 or equivalent)

Рис. 7.58

Широкополосный усилитель (рис. 7.58), питающийся от источника постоянного тока с напряжением 12 В, использует мощные транзисторы MRF433 производства компании Motorola, работающие в режиме "AB", и микросхему MHW591 в качестве предусилителя. Для режима класса "A" должны использоваться мощные транзисторы MRF426. Для транзистора Q2 радиатор не требуется, т. к. импульсная рассеиваемая мощность менее 1 Вт. Усиление мощности составляет более 55 дБ при 4-диапазонной широкой полосе усилителя и входном коэффициенте стоячей волны по напряжению меньше 1,2.

7.59. АМ-передатчик на диапазон 1–2 МГц

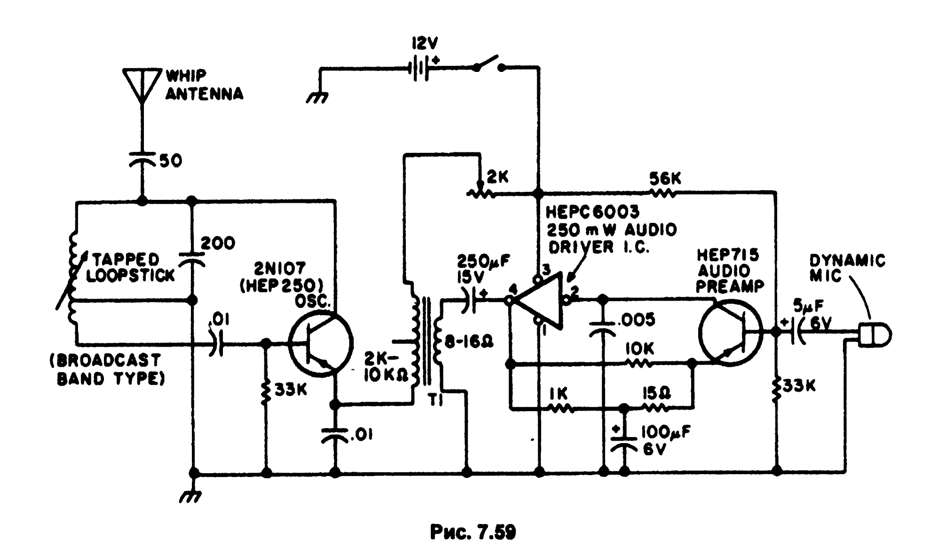


Рис. 7.59

Простой маломощный АМ-передатчик (рис. 7.59) использует выходной низкоомный трансформатор для модуляции частоты генератора, выполненного на транзисторе 2N107, для осуществления передачи речи на небольшие расстояния.

7.60. Схема замены НЧ-радиоламп транзисторами

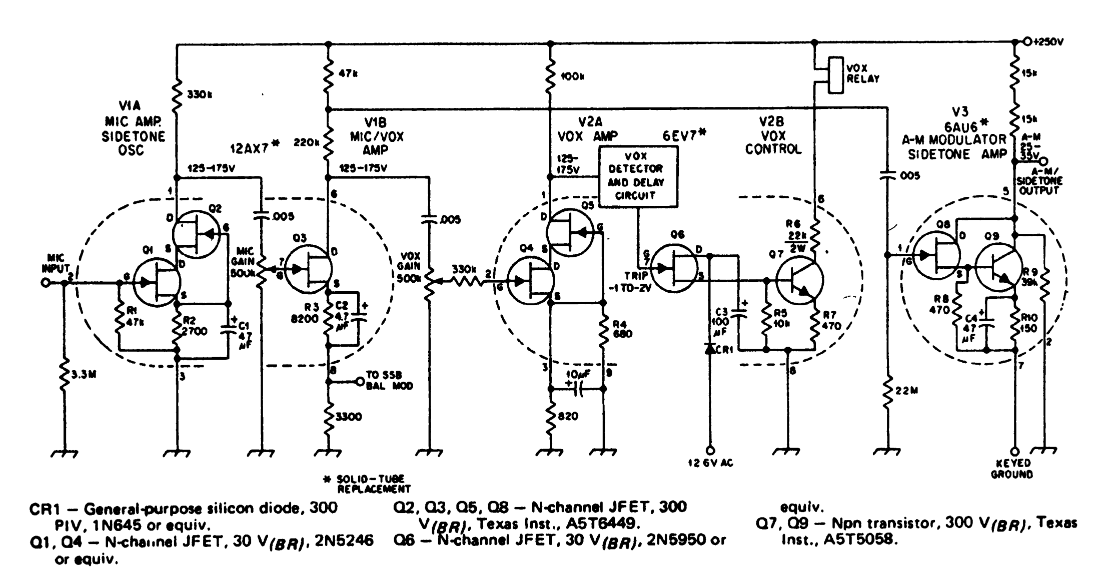


Рис. 7.60

На рис. 7.60 показана схема замены радиоламп, используемых в передатчике Drake-T-4XB, эквивалентными полупроводниковыми схемами, которые смонтированы на 7- и 9-контактных миниатюрных панельках. Номера рядом с пунктирными линиями соответствуют номерам штырьков оригинальных ламп. Схемы, заменяющие лампы V1A и V2A, используют двухкаскадный усилитель на полевых транзисторах. Голосовое реле передатчика "VOX RELAY", выполненное на части лампы V2B, а также АМ-модулятор на лампе V3 заменяются схемами, содержащими высоковольтную транзисторную пару Дарлингтона. Напряжение на коллекторе АМ-модулятора устанавливается в режиме ожидания с помощью резистора R9 на значение 150 В. Схема содержит первый и второй НЧ-каскады. В контрольных точках указаны правильные напряжения. Возможно, что потребуется регулировка входного сопротивления.

7.61. Усилитель мощности на 15 Вт для диапазона 400 МГц

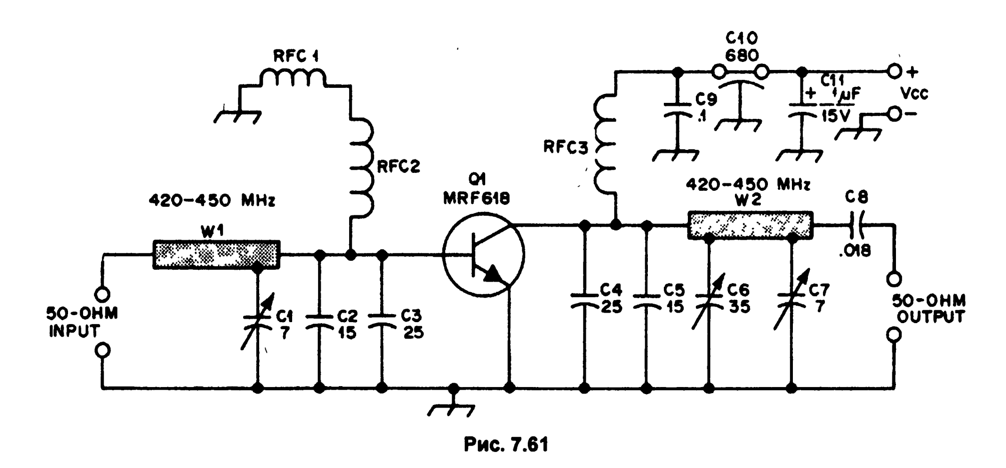


Рис. 7.61

Данный усилитель (рис. 7.61) обладает усилением 10 дБ, что, безусловно, повышает область применения радиолюбительского передатчика. Узкополосный усилитель на транзисторе MRF618 производства компании Motorola может настраиваться на частоту от 430 до 450 МГц. Многослойные 50-омные микрополосковые элементы и слюдяные подстроечные конденсаторы (триммеры) содействуют согласованию схемы с источником сигнала на ее входе и с нагрузкой, соответственно, на выходе. Катушки RFC1 и RFC2, выполненные на ферритовых кольцах, причем RFC2 содержит обмотку из 8 витков эмалированного провода № 22, тесно намотанных на сердечник $^1/_8$ дюйма, а катушка RFC3 — 4 витка эмалированного провода № 22, так же плотно намотанного на сердечник $^1/_4$ дюйма.

7.62. Защелка для тангенты микрофона

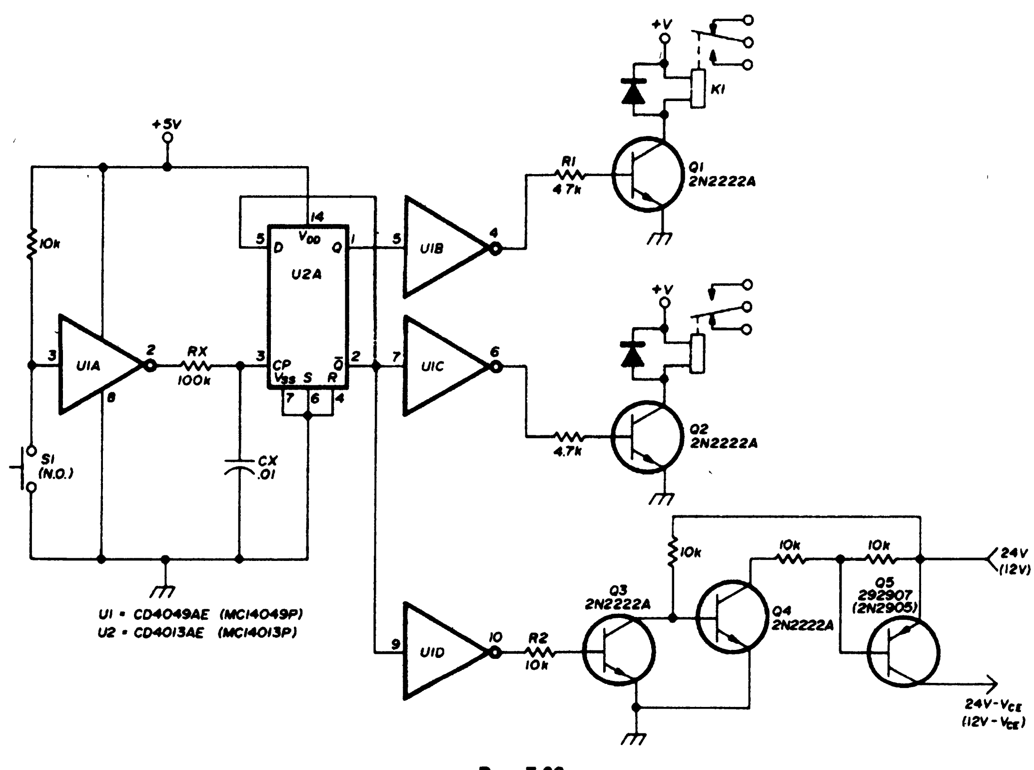


Рис. 7.62

Схема защелки (рис. 7.62) позволяет устранить необходимость в длительном нажатии тангенты микрофона (PTT — push-to-talk) во время речевой передачи. Микросхема U1 — 6 инвертирующих буферных усилительных КМОП-элементов в одном корпусе, а U2 — сдвоенный КМОП D-триггер. При нажатии кнопки S1 на вход элемента U1A поступает сигнал низкого логического уровня и, соответственно, на его выходе появляется сигнал высокого логического уровня, по фронту 0→1 которого D-триггер меняет свое состояние на противоположное. Это приводит к тому, что элемент U1B открывает транзистор Q1 и, соответственно, срабатывает реле K1. Если шум срабатывания реле мешает работе, то можно использовать схему бесшумного переключателя на транзисторах Q3—Q5.

7.63. Полупроводники вместо лампового смесителя и стабилизатора

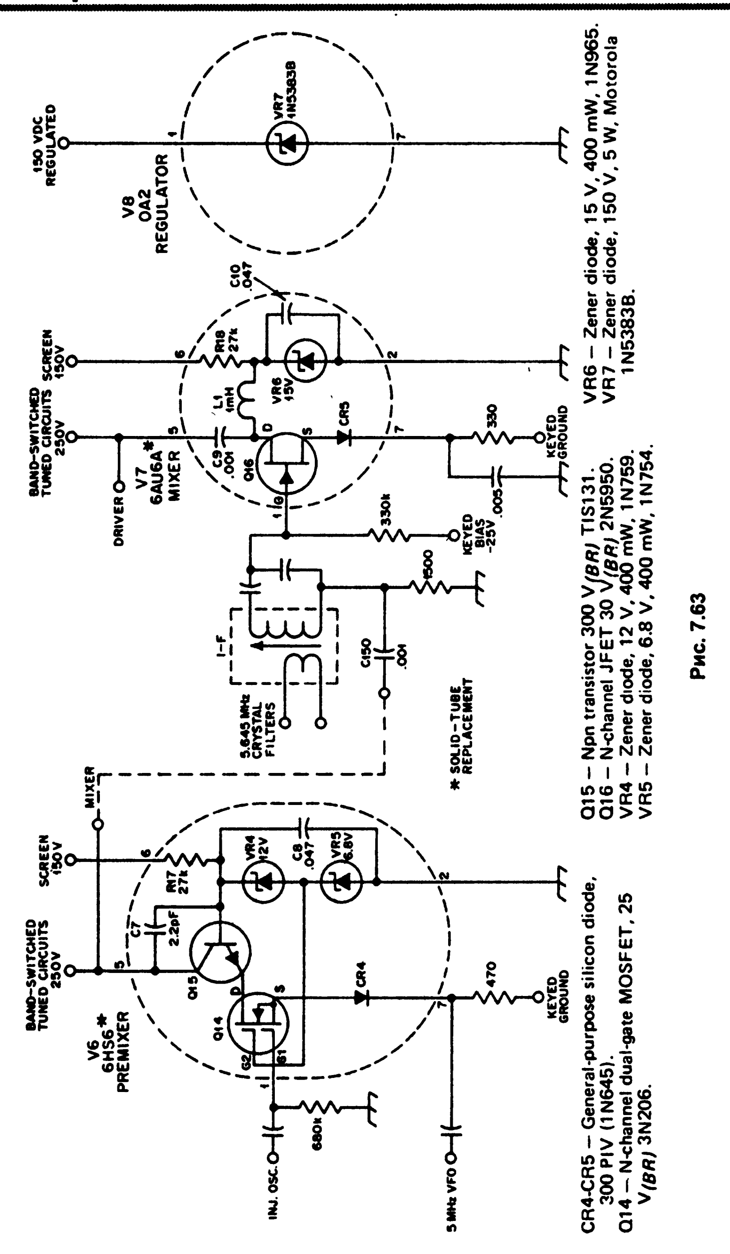


Рис. 7.63

Каскад лампового предварительного смесителя V6 (рис. 7.63) в передатчике T-4XB компании Drake заменяется на полевой транзистор Q14 с двойным затвором. Диод CR4 защищает полевой транзистор от схемы "KEYED-GROUND". Смеситель V7, с высоким уровнем напряжения, работает при большом динамичном диапазоне сигналов, которые поступают от ПЧ-каскада. На выходе смесителя имеется относительно низкий уровень эффективного напряжения где-то не более 4 В. Развязывающий конденсатор C9 и дроссель L1 разделяют полевой транзистор с управляющим от высоких напряжений ламповой схемы.

7.64. Усилитель класса "D" мощностью 35 Вт для диапазона 40, 80 или 160 м

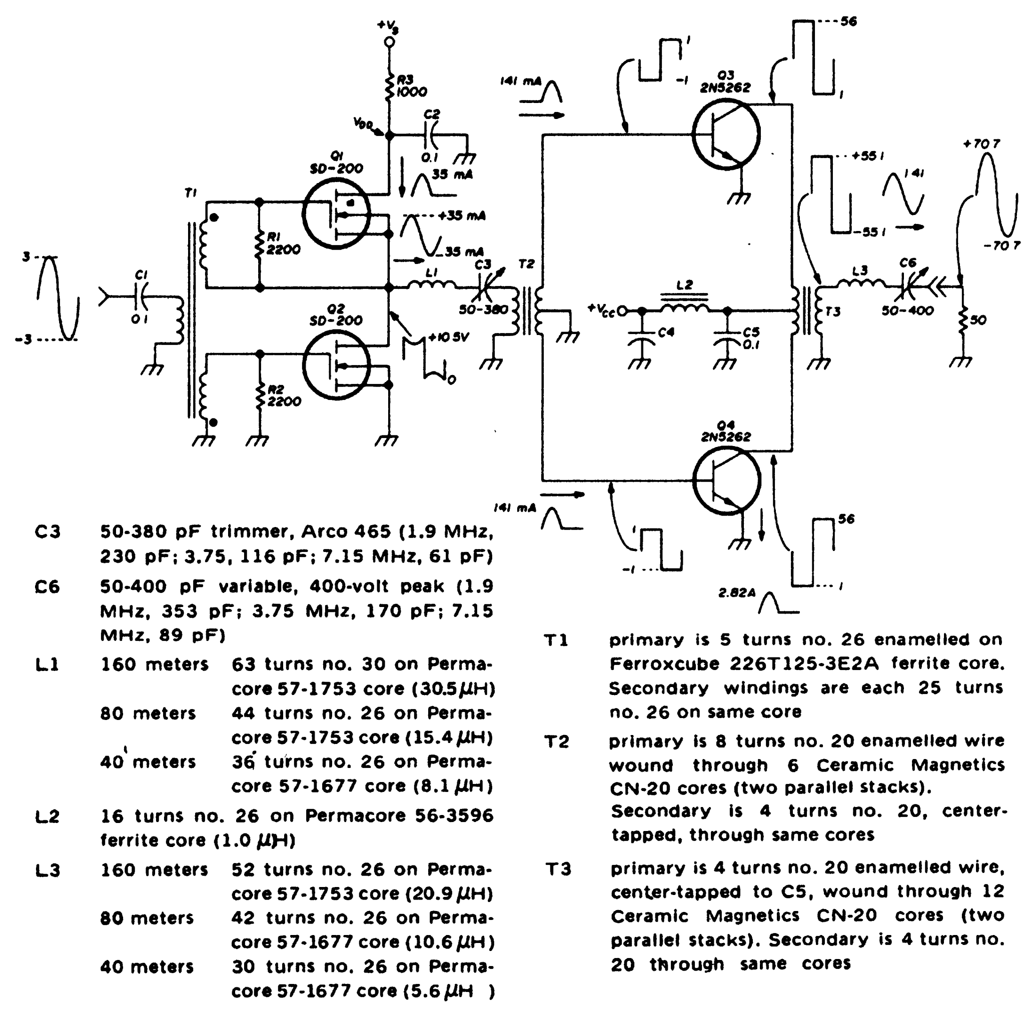


Рис. 7.64

Схема (рис. 7.64) может использоваться в любом из 3 диапазонов, в соответствии со значениями элементов, приведенных в перечне элементов под схемой. Усиление по мощности составляет примерно 27 дБ. В качестве возбудителя усилителя могут применяться почти все типы усилителей радиочастоты, которые могут обеспечивать на выходе напряжение сигнала 100 мВ. Напряжение источника питания $+V_S$ составляет +25 В, а $+V_{CC}$ — +28 В.

7.65. Генератор перестраиваемой частоты для диапазона 80 м

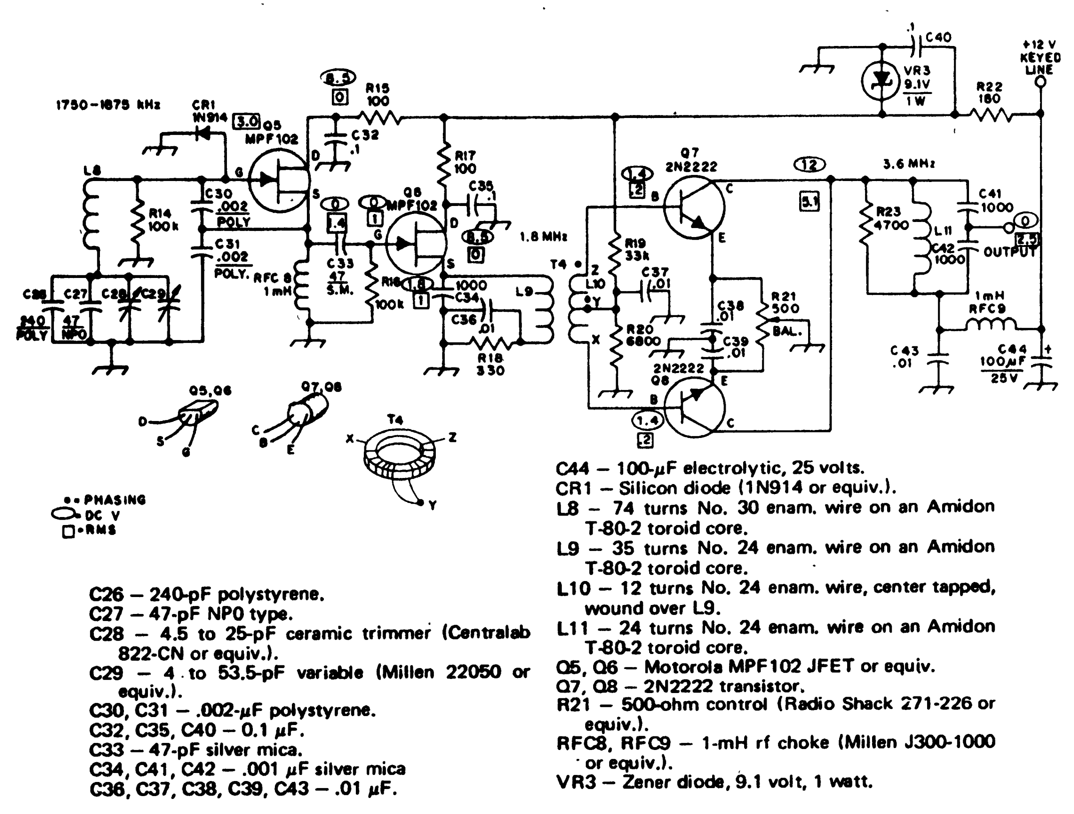


Рис. 7.65

Генератор (рис. 7.65) используется вместо кварцевого генератора в любительском маломощном передатчике (QRP). Диапазон настройки схемы составляет 1750—1875 кГц в 160-метровом диапазоне. Трехточный генератор выполнен на полевом транзисторе Q5 с последовательно-настроенным емкостным контуром для получения хорошей стабильности несущей частоты. Усилитель на транзисторе Q6 работает в режиме класса "С" и содействует разделению генератора и каскада усилителя мощности, реализованного на транзисторах Q7 и Q8.

7.66. Усилитель мощностью 1 кВт для диапазона 2 м

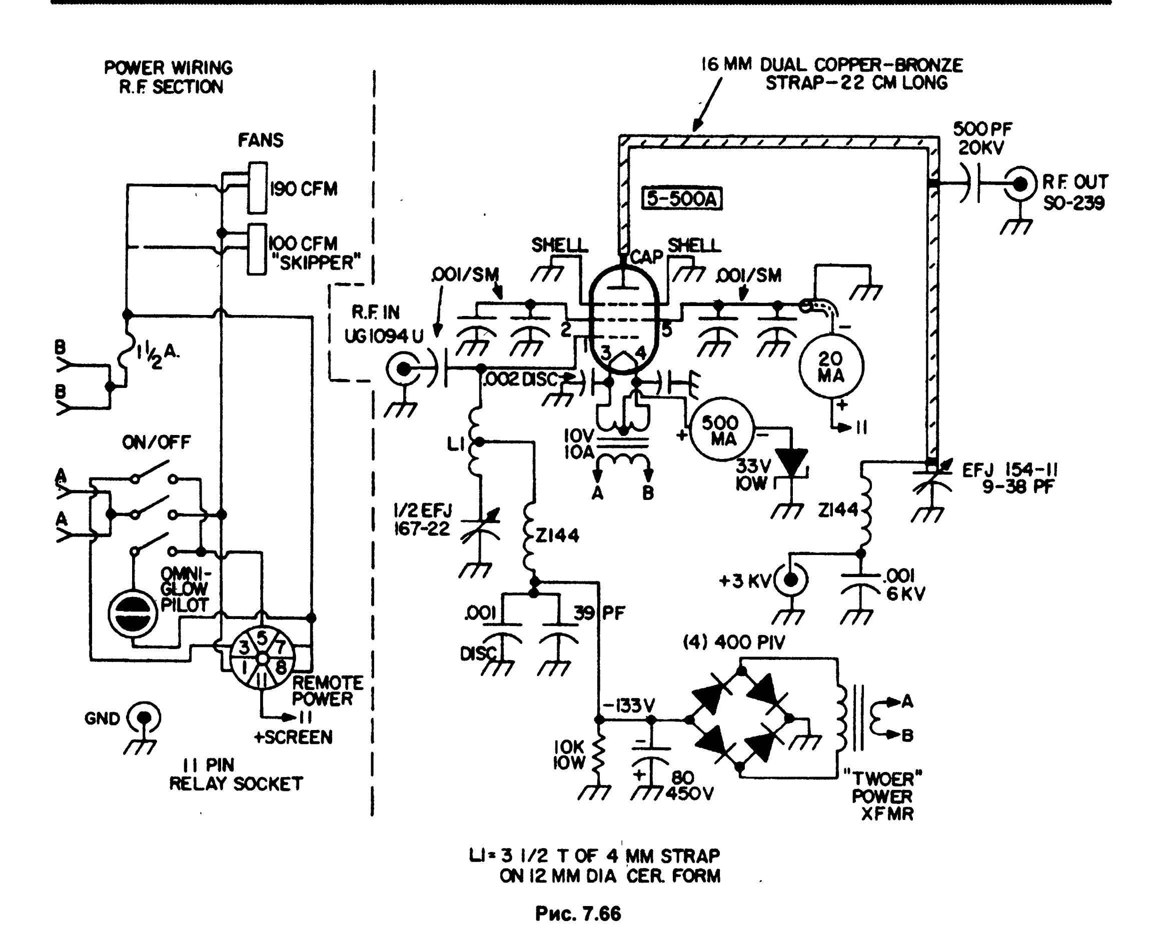
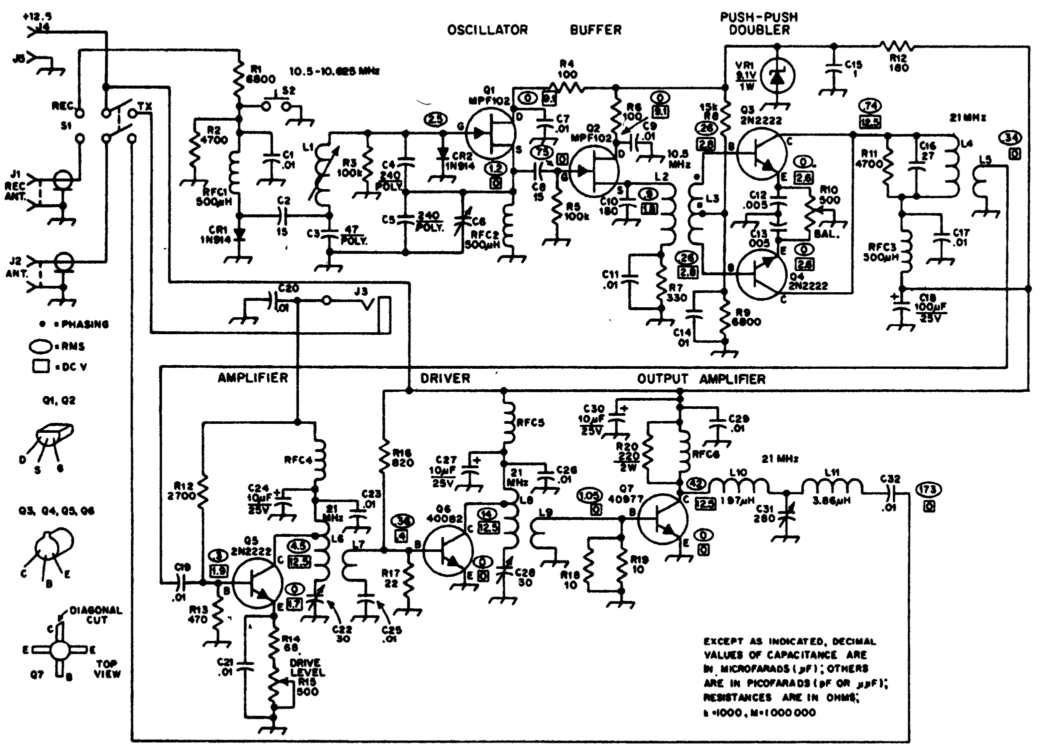


Рис. 7.66

Усилитель разработан с соответствующей изоляцией и охлаждением, и предназначен для EME-связи[1]. Схема питается от источника напряжением 3 кВ.

[1] EME — earth-moon-earth — радиосвязь с использованием лунного отражения. — *Ред.*

7.67. CW-приемопередатчик с генератором перестраиваемой частоты для диапазона 21—21,5 МГц



L1 – 6.05- to 12.5-μH adjustable coil (Miller 42A105CBI or equiv.).
L2 – 17 turns No. 28 enam. wire on Amidon T-50-6 core.
L3 – 10 turns No. 28 enam. wire, center tapped, wound over L2.
L4 – 17 turns No. 28 enam. wire on an Amidon T-50-6 core.
L5 – 5 turns No. 28 enam. wire wound over L4.
L6 – 30 turns No. 28 enam. wire on an Amidon T-50-6 core. Tap 10 turns above C23 end.
L7 – 4 turns No. 28 enam. wire wound over L6.
L8 – 30 turns No. 28 enam. wire on an Amidon T-50-6 core. Tap 7 turns above C26 end.
L9 – 3 turns No. 28 enam. wire wound over L8.
L10 – 20 turns No. 22 enam. wire on an Amidon T-68-6 core.
L11 – 29 turns No. 22 enam. wire on an Amidon T-68-6 core.

Рис. 7.67

Схема (рис. 7.67) разработана для маломощной CW-работы в 15-метровом любительском диапазоне. Для обеспечения хорошей стабильности при эксплуатации на частоте 10,5—10,625 МГц трехточечный генератор на транзисторе Q1 включается на время приема и передачи, поэтому в режиме приема частота генератора перестраиваемой частоты должна изменяться. Для питания схемы необходим источник с напряжением питания 12 В при токе 1,3 А. Подстроечный конденсатор С6 емкостью 4—53,5 пФ. Катушка RFC4 имеет 16 витков эмалированного провода № 28, RFC5 — 11 витков провода № 22 и RFC6 — 6 витков провода № 22, причем все катушки выполнены на сердечниках компании Amidon типа Ft-50-61.

7.68. Выключатель усилителя на основе напряжения смещения

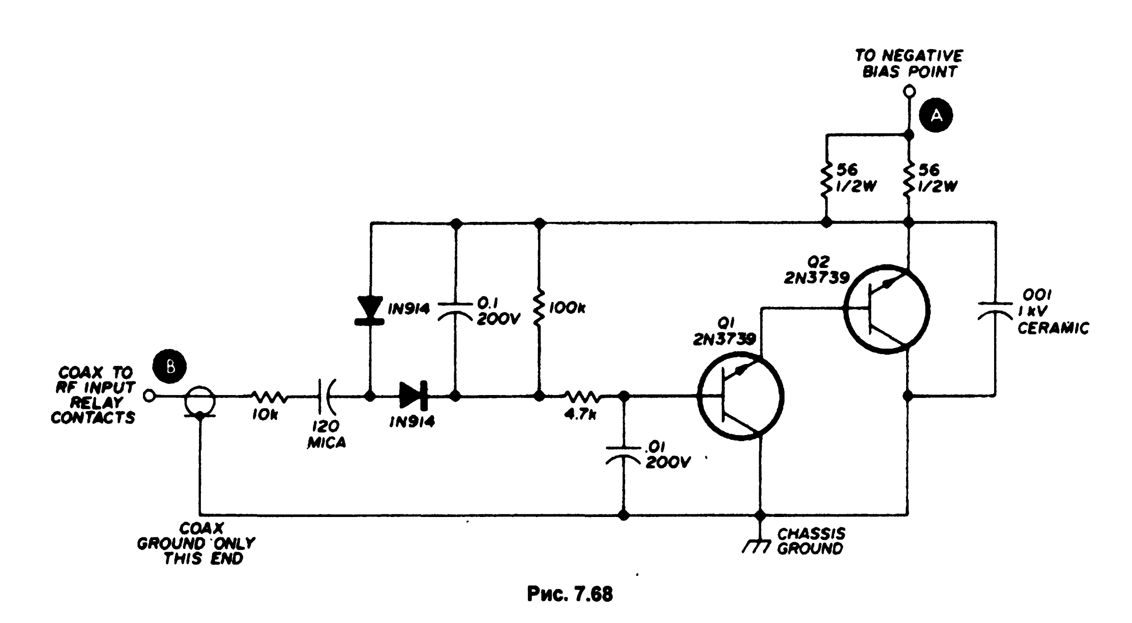


Рис. 7.68

Автоматическое выключение усилителя с помощью отрицательного напряжения смещения линейного ВЧ-усилителя класса "В", такого как Heath SB-200, повышает его эффективность, поскольку если входной сигнал отсутствует, то энергия усилителем практически не расходуется. Транзисторы схемы (рис. 7.68) выбраны таким образом, чтобы они могли выдержать максимальное подключенное напряжение, т. е. около 150 В. При отсутствии сигнала высокой частоты на входе схемы напряжение смещения содействует запиранию транзисторов, и таким образом ток потребления схемы будет почти равен нулю. Переключатель работает при пороговом напряжении высокой частоты примерно 2 В и подает напряжение смещения в усилитель класса "В". С возрастанием на входе сигнала высокой частоты ток потребления усилителем растет. При передаче речи передатчиком, работающим в режиме SSB, ток потребления усилителя будет равен нулю, а вот при речевой передаче ток возрастает.

7.69. SSB-возбудитель для диапазона 2–30 МГц

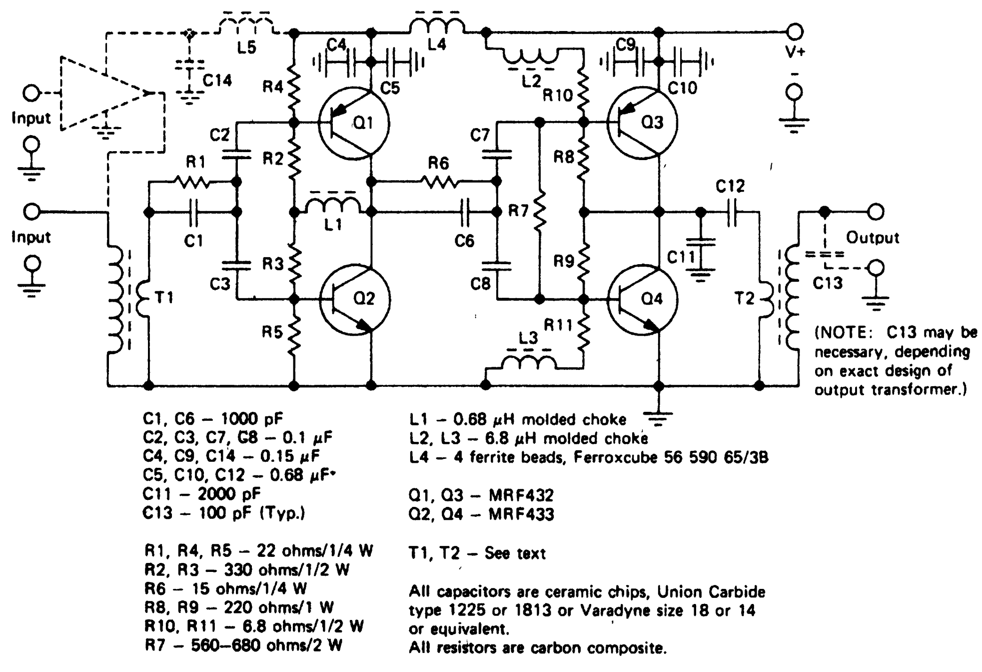


Рис. 7.69

Двухступенчатый комплементарно-симметричный усилитель совмещает несимметричное согласование сопротивлений с двухтактным каскадом большого усиления, который обеспечивает мощность до 25 Вт, достаточную для применения в возбудителе (рис. 7.69). В итоге схема обладает хорошим подавлением гармоник и незначительными помехами взаимной модуляции. Диапазон напряжения питания схемы составляет 22—30 В. Низкоомные обмотки трансформаторов Т1 и Т2 имеют по одному витку. Первичная же обмотка трансформатора Т1 содержит 2 витка медного провода № 22, а вот вторичная обмотка трансформатора Т2 — 4 витка.

7.70. ВЧ-ваттметр на 50 Вт

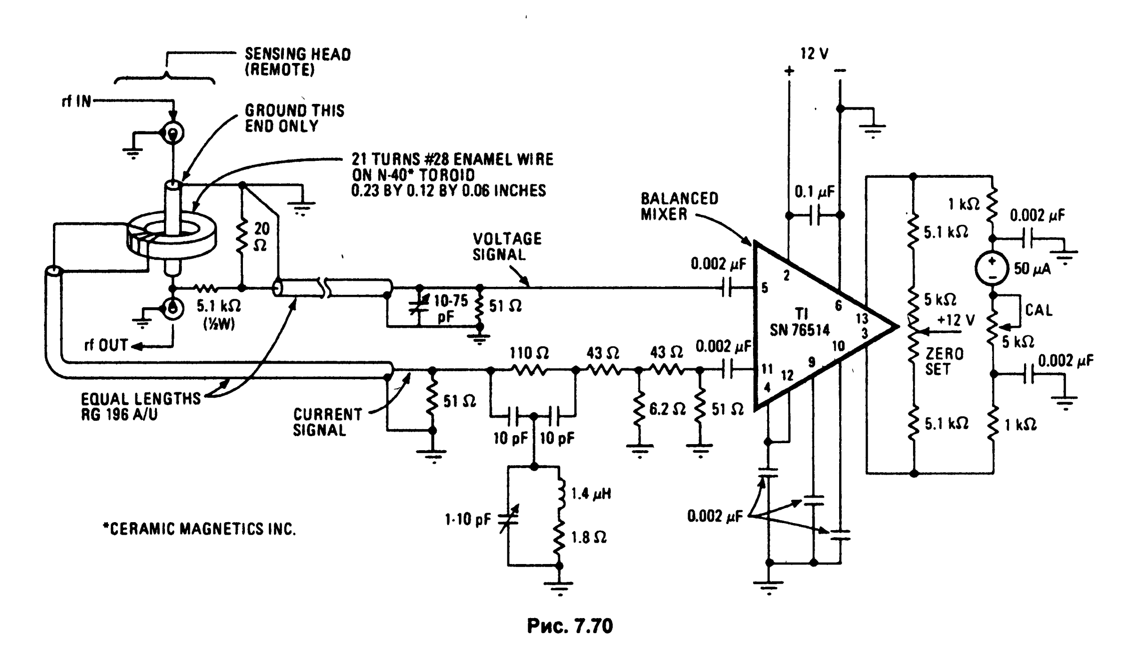


Рис. 7.70

Представленный ВЧ-ваттметр непосредственного отображения показаний (рис. 7.70), разработанный для 27,12-мегагерцевого диапазона, обладает точностью 1 % при полном размахе измеряемого сигнала. Схема может быть перенастроена и для других более высоких частот, примерно до 100 МГц. Ток высокой частоты и напряжение измеряются трансформатором тока и делителем напряжения, которые могут быть расположены удаленно друг от друга. Измерительный прибор управляется от балансного смесителя, который функционирует как аналоговый 4-квадрантный умножитель. Среднее значение произведения от напряжения и тока появляется на шкале микроамперметра.

7.71. Линейный усилитель мощностью 20 Вт для диапазона 16–30 МГц

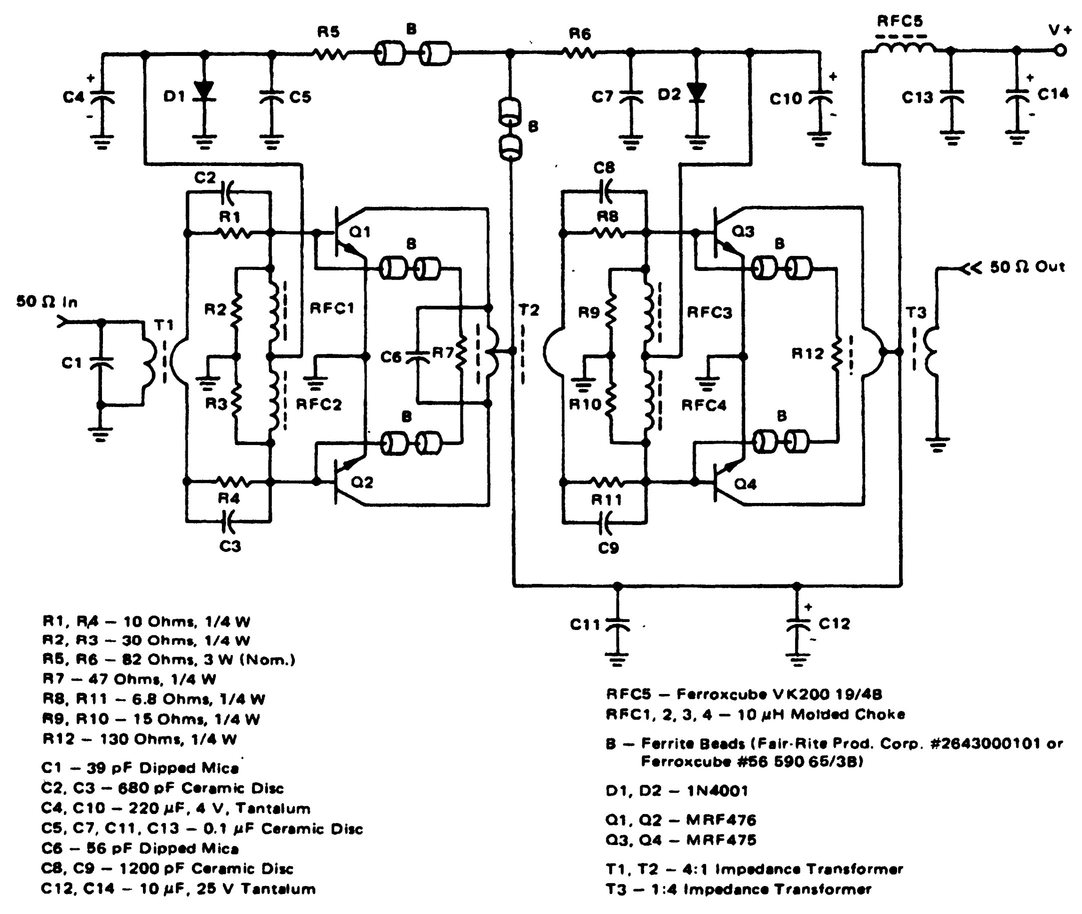


Рис. 7.71

Широкополосный усилитель (рис. 7.71), который использует дешевые мощные ВЧ-транзисторы в пластмассовых корпусах, обеспечивает общее усиление по мощности примерно 25 дБ для управления SSB-усилителем мощности, у которого имеется уровень выходной мощности свыше 100 Вт. Рабочее напряжение питания составляет 13,6 В. Схема стабильна даже при рассогласовании нагрузки 10:1.

7.72. Усилитель мощностью 3,5 Вт для диапазона 40 м

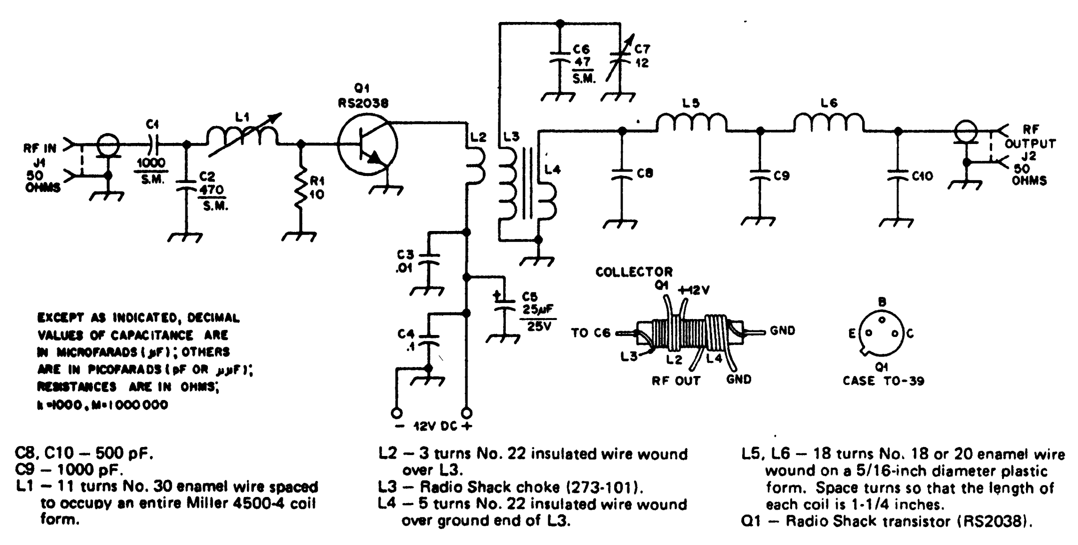
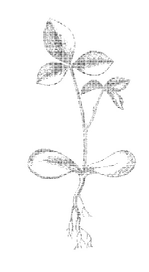


Рис. 7.72

Схема усилителя (рис. 7.72) проектировалась для применения совместно с маломощным передатчиком (QRP) при наличии плохих условий в используемой полосе частот. Для работы требуется входной сигнал мощностью примерно 350 мВт. Полуволновой фильтр на выходе схемы необходим для подавления гармоник. Для транзистора Q1, используемого в схеме, требуется радиатор.



8. Схемы генераторов, управляемых напряжением

Глава содержит схемы 2-фазных и квадратурных генераторов, схему управления включением генератора, схему настройки частоты генератора посредством изменения подключенного реактивного сопротивления, схему точной дистанционной настройки, а также другие схемы с иными способами регулировки или варьирования частотой генератора в зависимости от напряжения постоянного тока на различных участках частот в диапазоне от 5 Гц до 150 МГц.

8.1. Генератор, управляемый напряжением с двумя выходными сигналами, жестко сдвинутыми по фазе на 90°

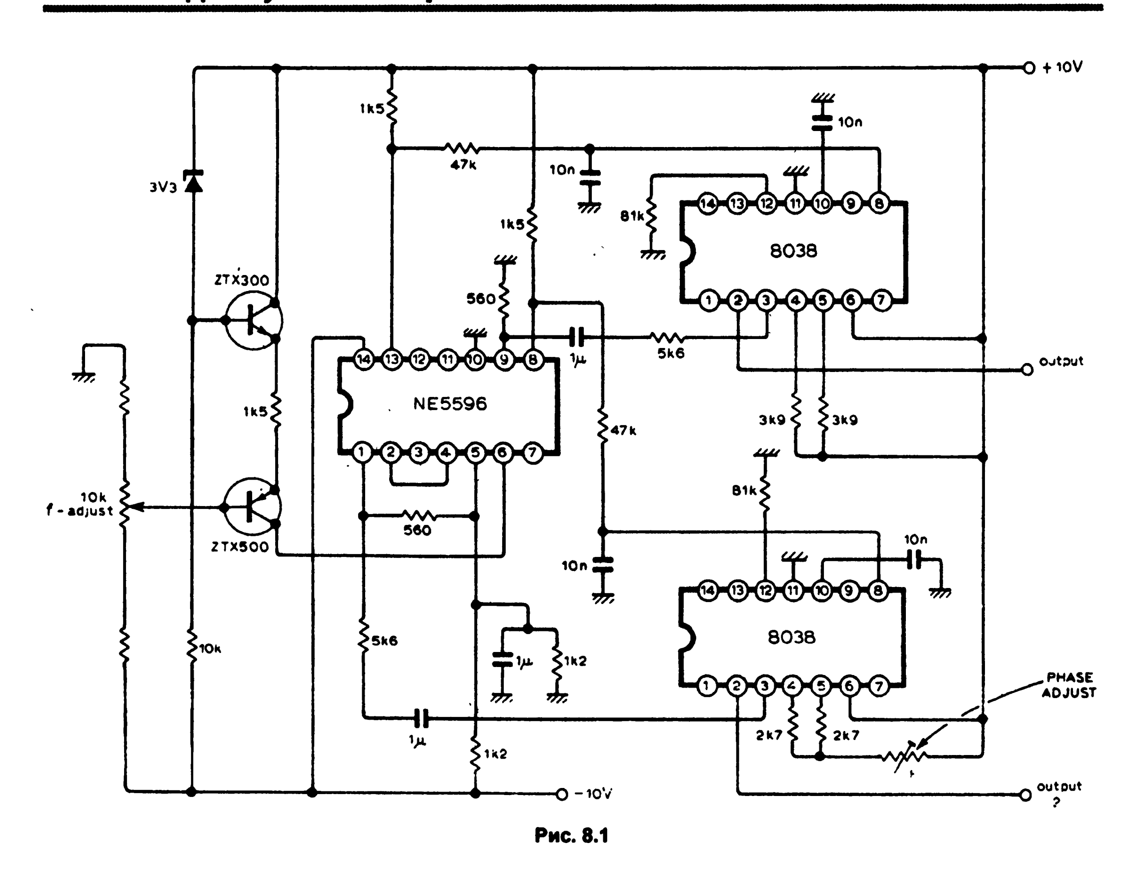


Рис. 8.1

Схема генератора управляемого напряжением (ГУН) (рис. 8.1) обеспечивает 2-фазные выходные сигналы (синус и косинус), которые жестко связаны и сдвинуты по фазе друг относительно друга на 90°. Частота, генерируемая схемой в широком диапазоне, может перестраиваться изменением входного тока с помощью потенциометра 10 кОм, который управляет синфазным напряжением на выходе микросхемы умножителя NE5596 и двух генераторов, управляемых напряжением 8038. Для управления фазами сигналы треугольной формы с выходов генераторов подаются на вход умножителя. Если на выходе не требуется сигнал синусоидальной формы, то может применяться недорогой ГУН на микросхеме 566. Фазовая погрешность в диапазоне настройки номинально равна нулю. С обычными блоками фазовой автоподстройки частоты погрешность фаз может увеличиться.

8.2. Точная дистанционная настройка генератора

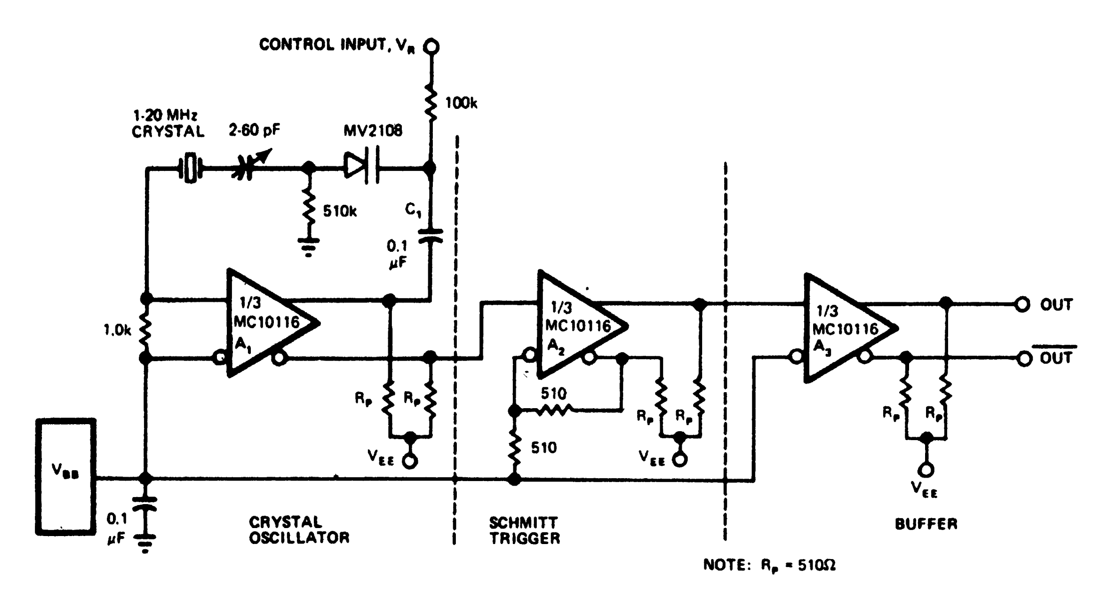


Рис. 8.2

В цепи обратной связи генератора последовательно к кварцевому резонатору подключают варикап (рис. 8.2). Диапазон изменения его емкости получается от 50 до 12 пФ при изменении управляющего напряжения в диапазоне от 0 до 30 В. Диод заменяется регулируемым конденсатором 2—60 пФ, который изменяет частоту генератора в зависимости от отпирающего напряжения. Инверсный вход элемента A_1 микросхемы MC10116 связан с эталонным напряжением V_{BB}, которое приложено к инверсному входу и которое является одновременно средним напряжением амплитуды выходного сигнала усилителя. Элемент A_2 подключается, как триггер Шмитта для получения быстрого времени нарастания и затухания. Отклонение частоты в обе стороны от средней частоты кварцевого резонатора находится в диапазоне от ±50 до ±300 PPM (где PPM — arts per million, миллионных долей) для кварцев с частотами между 1 и 20 МГц.

8.3. Линейный ГУН для диапазона от 0 до 10 кГц

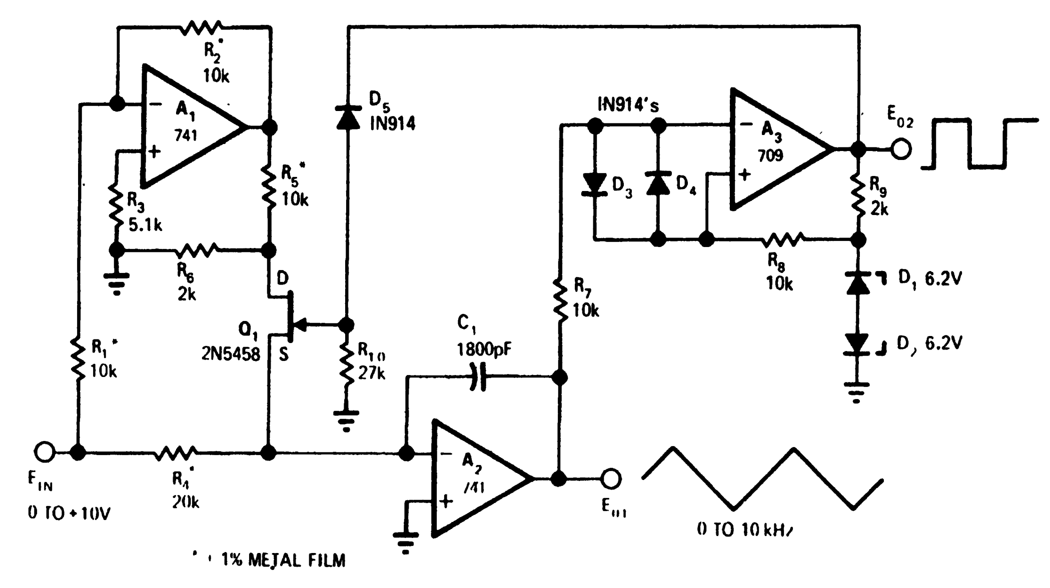


Рис. 8.3

Схема (рис. 8.3) обладает хорошей стабильностью и превосходной линейностью в широком рабочем диапазоне. С приведенными на схеме значениями и +15-вольтовым питанием функция преобразования будет около 1 кГц/В во всем диапазоне частот от 0 до 10 кГц при погрешности линейности — меньше 0,5 %. Хотя схема на выходе не имеет синусоидальный сигнал, но при необходимости с помощью фильтрации и подавления гармоник сигнал треугольной формы может быть преобразован в синусоидальный.

8.4. ГУН с быстродействующей синхронизацией

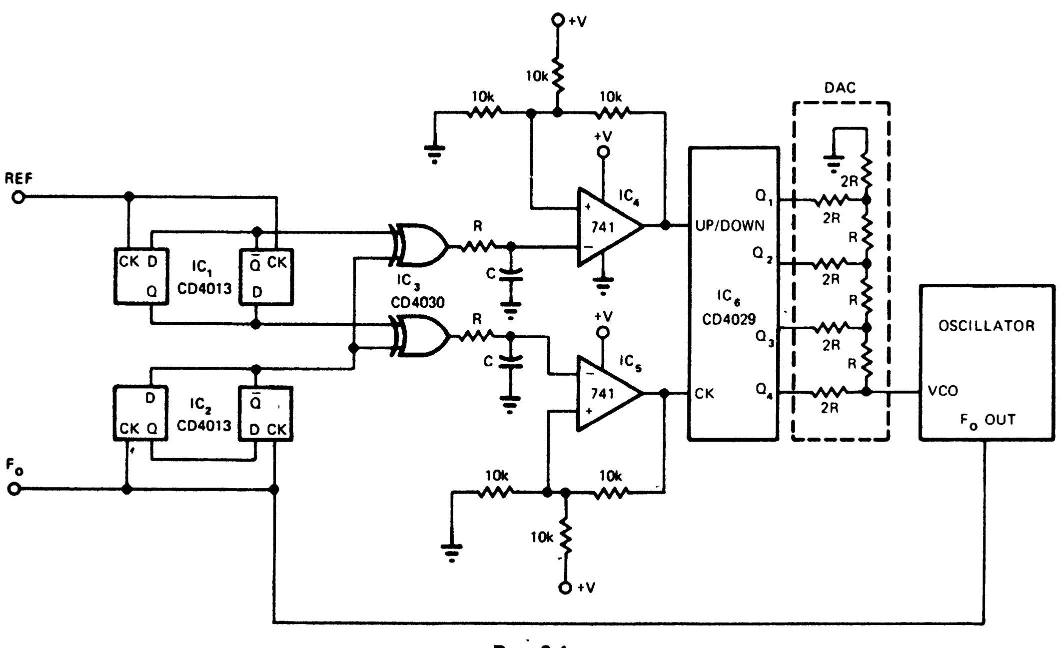


Рис. 8.4

Схема (рис. 8.4), состоящая из комбинации делителя фазы и цифроаналогового преобразователя — ЦАП (DAC), обеспечивает точную синхронизацию частоты высокостабильного ГУН (VCO) с внешней опорной частотой. Микросхема IC_1 делит опорную частоту на 4 и формирует два сигнала, смещенных относительно друг друга на 90°, в то время как микросхема IC_2 делит частоту ГУН аналогично на 4. Отношение фаз между выходами микросхемы IC_2 зависит от того, является ли частота ГУН выше или ниже опорной частоты, в то время как частота на выходе микросхемы IC_3 зависит от разницы между частотой генератора и опорной частотой. Триггеры Шмитта IC_4 и IC_5 формируют сигналы тактовой частоты, поступающей на вход CK, и управления, поступающие на вход UP/DOWN ("вверх/вниз") счетчика IC_6. Если частота ГУН низка, то микросхема IC_6 считает вверх со скоростью, которая будет пропорциональна разнице частот, и с помощью ЦАП формирует увеличенное управляющее напряжение, необходимое для повышения частоты ГУН.

8.5. Линейный ГУН

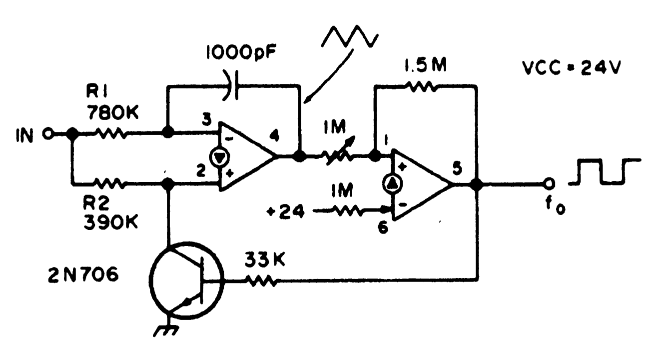


Рис. 8.5

Две части микросхемы LM3900 счетверенного операционного усилителя схемы (рис. 8.5) обеспечивают линейную зависимость частоты генератора от напряжения постоянного тока на входе, которое изменяется в диапазоне от 2—12 В. Схему можно отъюстировать с помощью 1-мегаомного потенциометра таким образом, что при напряжении 4 В на входе на выходе схемы должны быть прямоугольные импульсы с частотой 400 Гц, а при напряжении 5 В — 500 Гц и т. д. Первый операционный усилитель подключен как интегратор, а второй — как триггер Шмитта. Если сигнал на выходе триггера Шмитта переходит на высокий логический уровень, то открывается транзистор 2N706 и в результате ток неинвертирующего входа начинает течь через него к заземленному проводу и вместе с тем сигнал на выходе интегратора начинает изменяться к низкому логическому уровню.

8.6. Схема управления включением ГУН

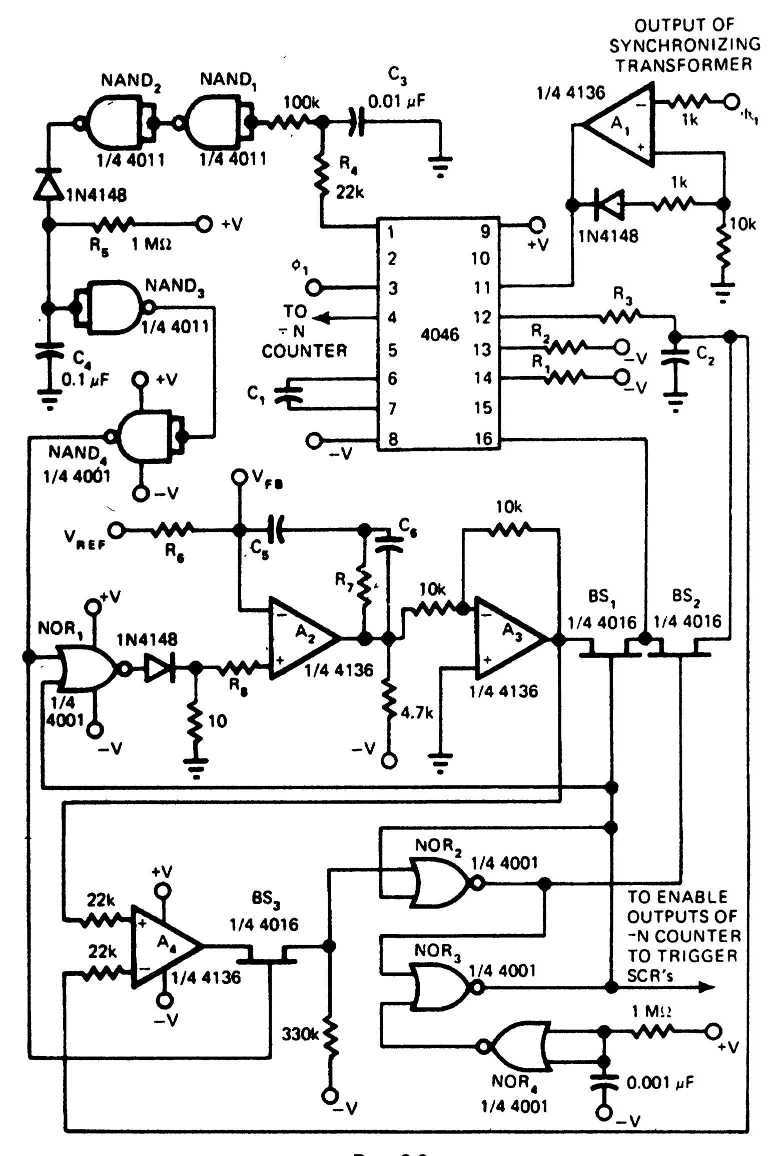


Рис. 8.6

Простая бесперебойная схема запуска (рис. 8.6) жестко фазированного генератора сохраняет синхронизацию с сетью даже как при появлении больших переходных процессов, так и границ угла сдвига фаз, как требуется для управления и включения тиристоров. Значения резисторов R_6, R_7, R_8 и конденсаторов C_5 и C_6 выбраны так, что они соответствуют временным требованиям системы. Другие необозначенные значения зависят от условий эксплуатации; так для сети 60 Гц и 6-кратного умножения частоты ГУН типичные значения для R_1 составляют 39 кОм, R_2 — 27 кОм, R_3 — 47 кОм, C_1 — 0,1 мкФ и C_2 — 0,22 мкФ.

8.7. Линейный генератор, управляемый напряжением

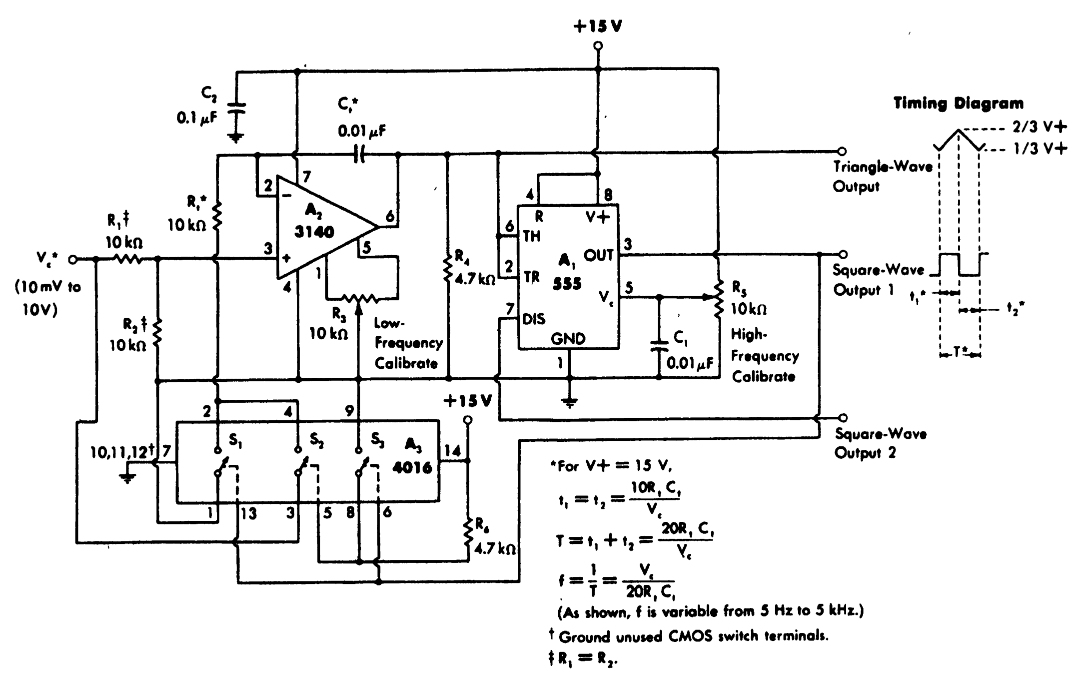


Рис. 8.7

Схема генератора (рис. 8.7) работает при изменении входного управляющего напряжения от +10 мВ до +10 В и формирует при этом на выходе сигналы прямоугольной и треугольной формы в диапазоне частот от 5 Гц до 5 кГц. Генератор может использоваться для измерительных целей или в электронных музыкальных инструментах.

8.8. ГУН на номинальную частоту 1 кГц

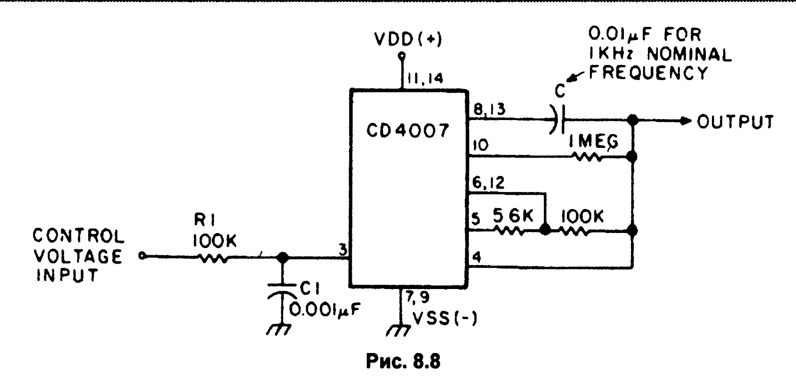


Рис. 8.8

Изменение управляющего напряжения на входе схемы (рис. 8.8) предназначено для того, чтобы пропорционально изменять номинальную частоту равную 1 кГц на выходе ГУН, выполненного на КМОП-микросхеме CD4007. Значения сопротивления резистора R и емкости конденсатора С могут быть и другими для получения иных номинальных частот.

8.9. ГУН для диапазона 0–10 кГц при напряжении управления 0–10 В

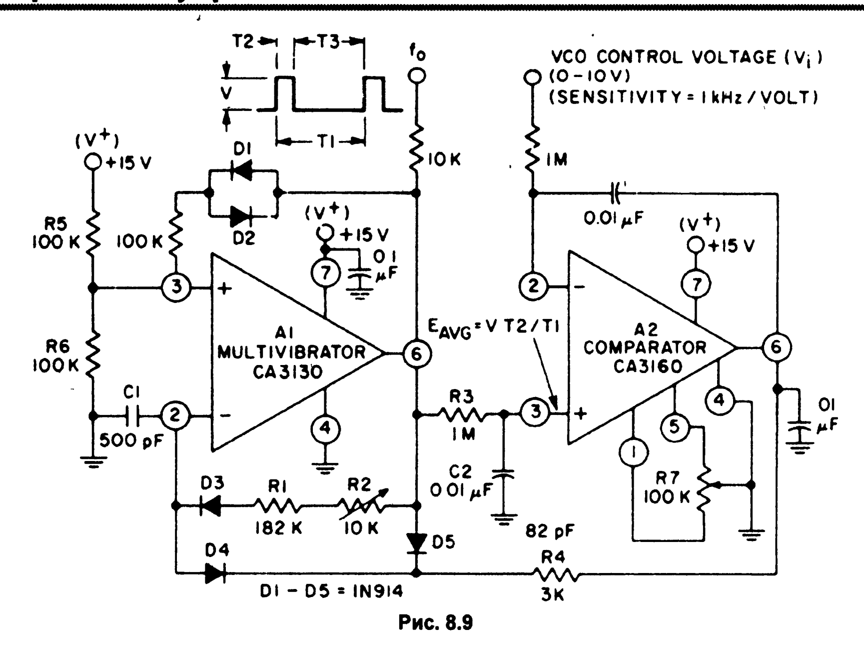


Рис. 8.9

Мультивибратор CA3130 генерирует импульсы с постоянной амплитудой "V" и длительностью "T2", как это показано на рис. 8.9. Среднее значение выходного напряжения E_{AVG} подается через интегрирующую цепь R3-C2 на неинвертирующий вход компаратора CA3160. Выходной сигнал компаратора с вывода 6 подается через резистор R4 и диод D4 на инверсный вход микросхемы A1 (вывод 2) для подстройки интервала мультивибратора таким образом, чтобы значение E_{AVG} было равно управляющему напряжению.

8.10. Экспоненциальный ГУН

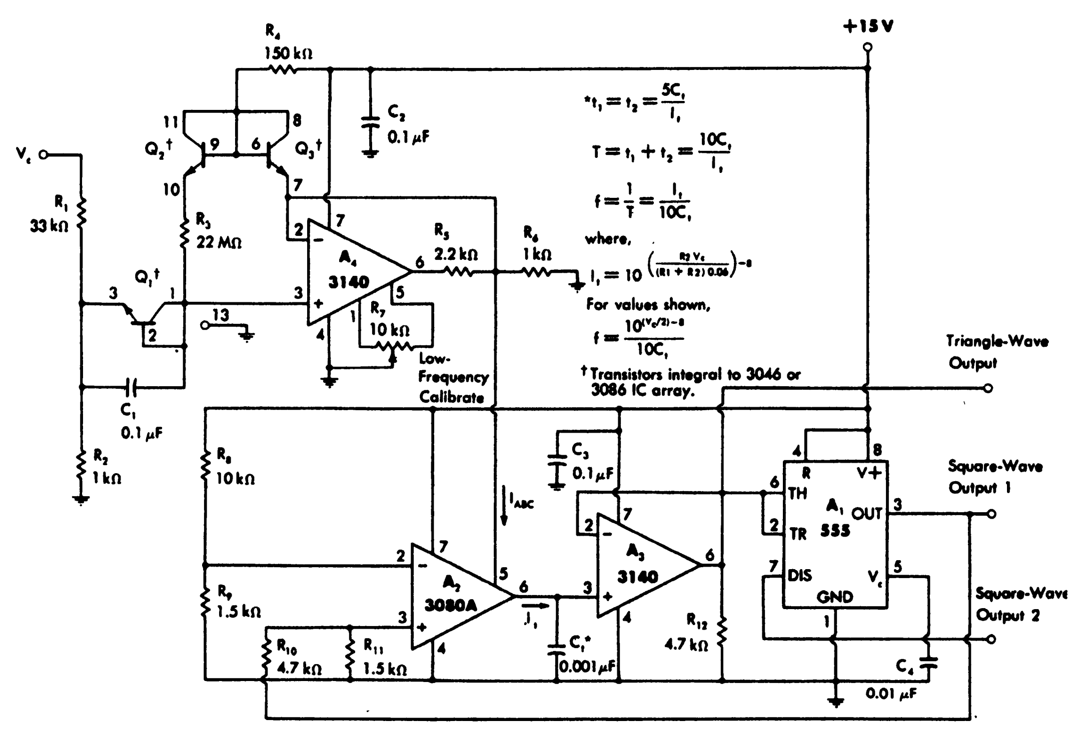


Рис. 8.10

Схема ГУН (рис. 8.10) может эксплуатироваться при линейном масштабе изменения управляющего напряжения от времени и с логарифмической зависимостью частоты генератора, как это требуется при снятии частотной характеристики того или иного устройства. Полезный диапазон изменения частоты схемы составляет 4 декады. Приведенные на схеме значения обеспечивают диапазон изменения тока таймера от 10 нА до 100 мкА, что позволяет получить полосу частот ГУН от 1 Гц до 10 кГц. Диапазон входного напряжения при коэффициенте преобразования 60 мВ/декаду устанавливается с помощью делителя напряжения R_1—R_2, который позволяет выбрать большие и более необходимые входные напряжения схемы.

8.11. Настройка частоты генератора посредством реактивного сопротивления

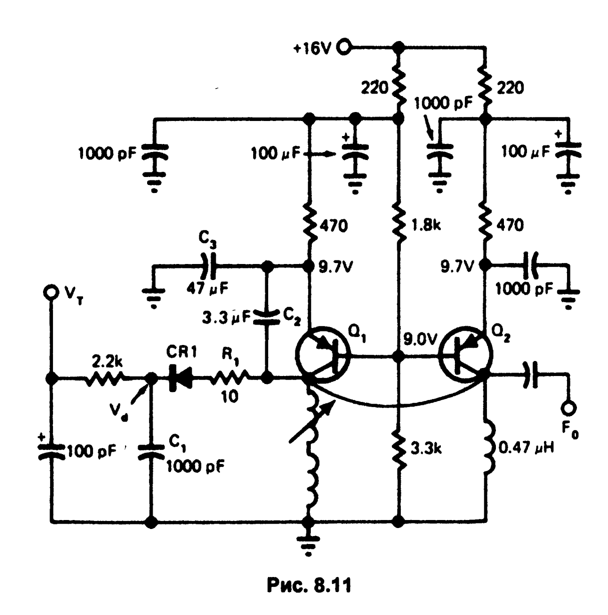


Рис. 8.11

Реактивное сопротивление диода CR1 HP 5082-3188 (рис. 8.11) создает дополнительную емкость, подключаемую в контур генератора, выполненного на транзисторах 2N5208 производства компании Motorola. Изменение управляющего напряжения V_T в диапазоне 0—7 В соответственно изменяет действующую емкость контура генератора, что в свою очередь приводит к генерированию схемой частоты в диапазоне примерно 90—150 МГц.

8.12. Подстройка частоты кварцевого резонатора с помощью управляющего напряжения

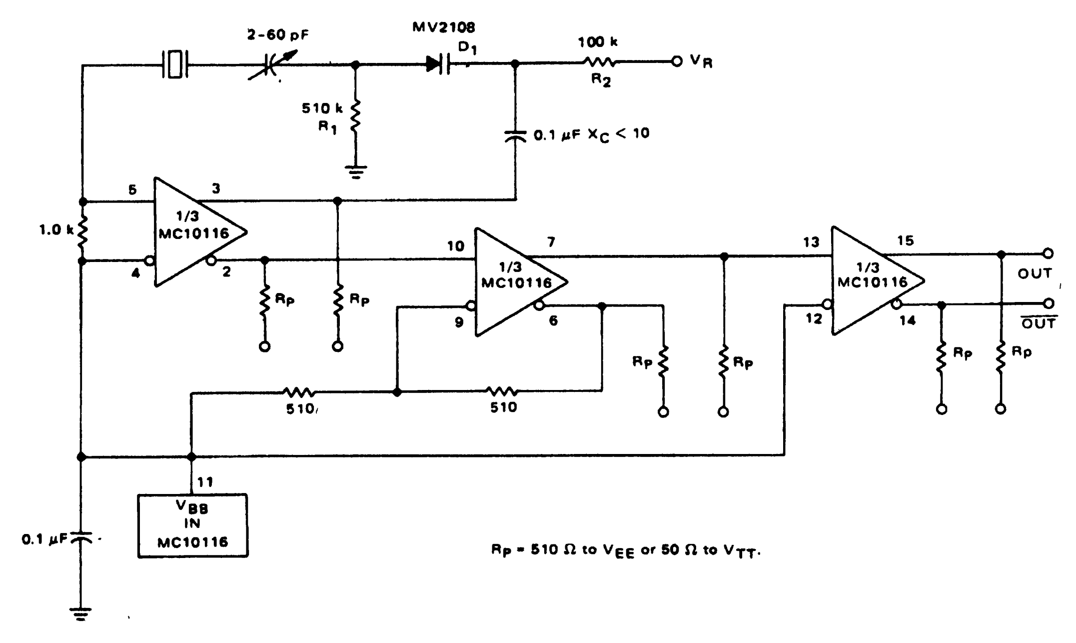


Рис. 8.12

Варикап D_1, включенный последовательно с кварцевым резонатором в обратной связи микросхемы операционного усилителя MC10116 производства компании Motorola (рис. 8.12), позволяет получить отклонение частоты генератора около ±50 PPM (миллионных долей) от частоты кварцевого резонатора 1 МГц при изменении управляющего напряжения постоянного тока V_R в диапазоне от 0 до 25 В. При более высоких частотах кварцевого резонатора отклонение частоты будет больше.

8.13. Высокоскоростной управляемый напряжением задающий генератор

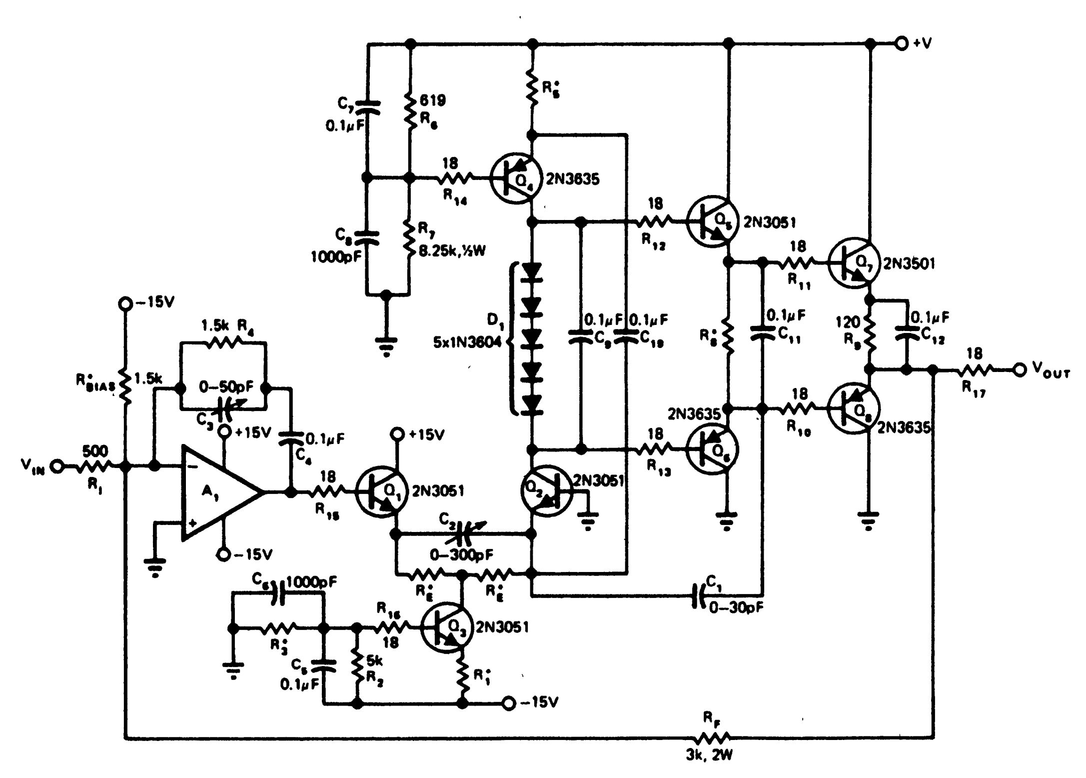


Рис. 8.13

Высокоэффективная схема задающего генератора (рис. 8.13) обладает высокой скоростью 4000 В/мкс реагирования на управляющее напряжение, при использовании источника питания на 80 В. Уровень выходного сигнала может быть до +30 В. Схема может работать с большой частотой скорости модуляции до 20 МГц соответствующими 60-вольтовыми варикапами и при малых сигналах в диапазоне частот до 86 МГц. Операционным усилителем на входе может быть модель типа 770 от компании-производителя M. S. Kennedy или другой ОУ с затуханием 6 дБ на октаву. Буферный усилитель может иметь высокое усиление. В схеме применяются: резистор R_E — 250 Ом, R_1 — 100 Ом, R_3 — 4,3 кОм, R_5 — 170 Ом и R_8 — 90 Ом.

12 Зак. 1033

8.14. Генератор с частотой 52 МГц и частотной модуляцией на варикапе

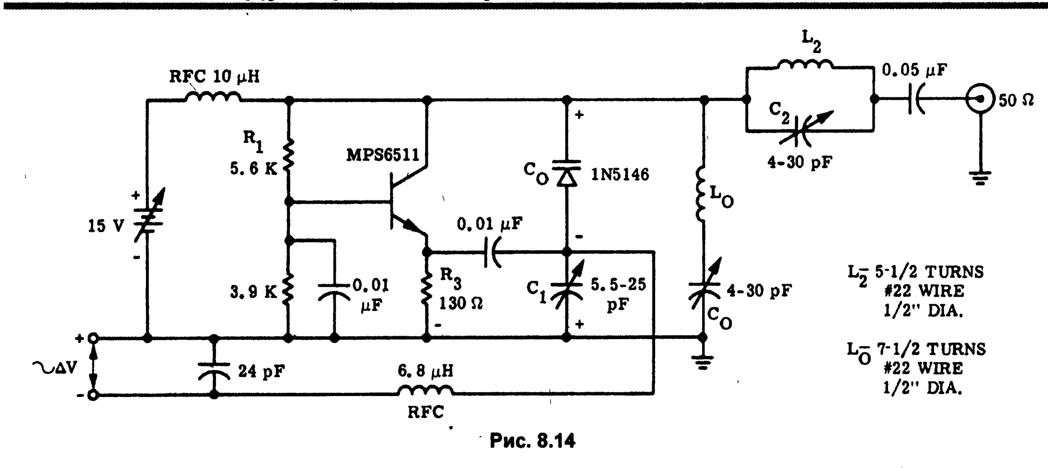


Рис. 8.14

Варикап C_O схемы обеспечивает модуляцию ±75 кГц от основной частоты транзисторного генератора (рис. 8.14) частотой 52 МГц при напряжении источника питания 15 В. Схема обладает хорошей линейностью модуляции для входных напряжений до ±200 мВ и вместе с тем может применяться для промышленного использования.

8.15. Синусоидальный генератор с частотой 1,5–2,5 кГц

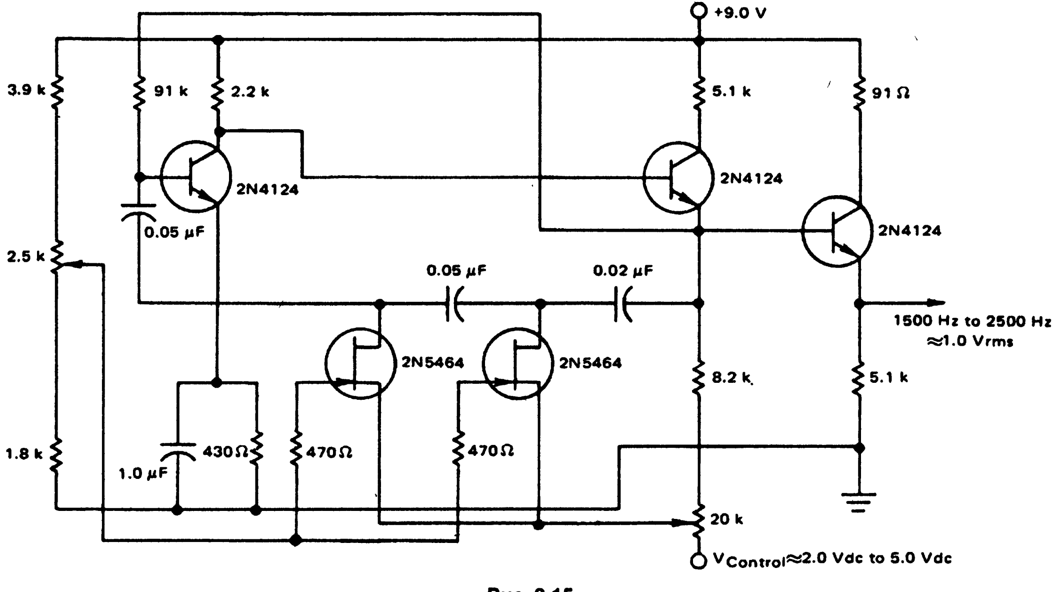


Рис. 8.15

Состоящая из трех частей схема генератора с фазовращателем (рис. 8.15), являющегося линейным во всей полосе генерируемых частот и выдающего на выходе хороший синусоидальный сигнал. Цепь фазовращателя находится в петле обратной связи регенеративного радиоприемника, а схема в итоге представляет собой генератор, управляемый напряжением.

8.16. Простой задающий генератор для ГУН

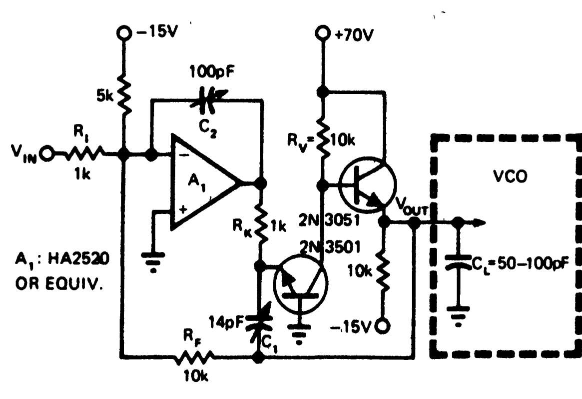


Рис. 8.16

Схема (рис. 8.16) обеспечивает на выходе усиленный сигнал от 60 V_{SS} на частоте более 1 МГц. Скорость изменения сигнала составляет 200 В/мкс и диапазон частот — 5 МГц при малых сигналах. В схеме используется быстродействующий операционный усилитель, буфер напряжения и простая техника коррекции. Стабильность подстраивается конденсатором C_2, а с помощью конденсатора C_1 устанавливается время нарастания и диапазон частот.

8.17. Высокостабильный линейный ГУН

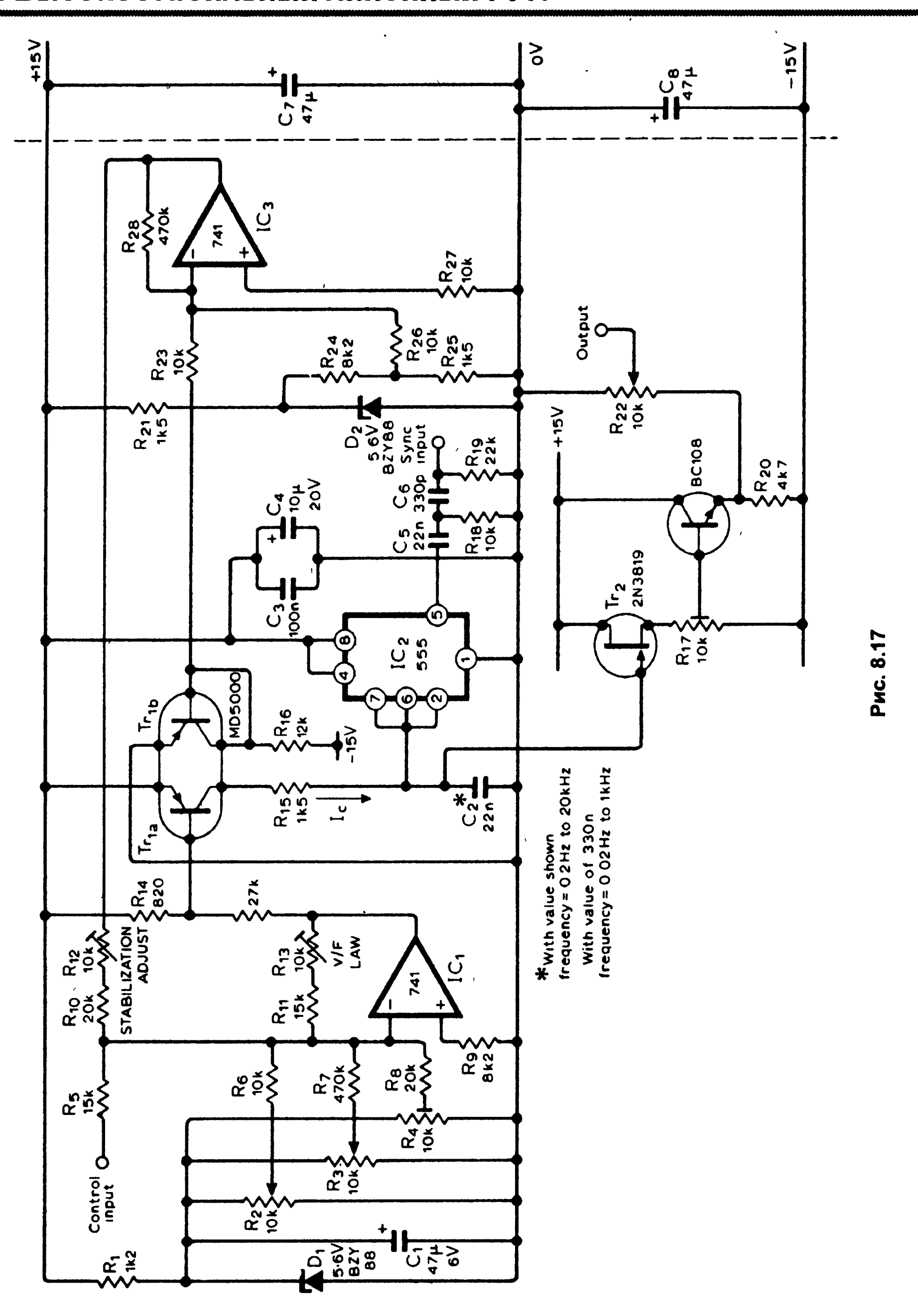


Рис. 8.17

Схема генератора (рис. 8.17) обеспечивает высокостабильную частоту, необходимую в синтезаторах звука и может синхронизироваться от других генераторов. В схеме используется таймер 555, работающий в автоколебательном режиме. Генератор стабильного тока на транзисторе Tr_{1a} обеспечивает стабильный зарядный ток для конденсатора C_2. Резисторы R_{12} и R_{13} должны быть многооборотными потенциометрами. Прямоугольный синхросигнал с ам-

плитудой напряжением 5—10 В после дифференциации преобразуется в короткие импульсы на резисторе R_{19}. Резистор R_2 определяет минимальную частоту генератора. Резистор R_{22} устанавливает амплитуду выходного сигнала между выходом "Output" и нулем источника питания 0 V. Потенциометры R_2 и R_3 используются для грубой и точной регулировки частоты.

8.18. Схема ГУН с удвоенным диапазоном управления

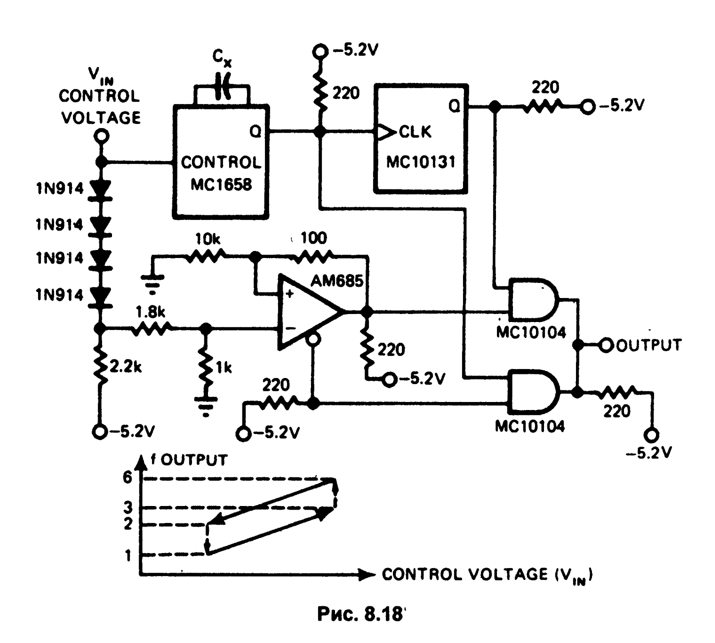


Рис. 8.18

Схема (рис. 8.18) удваивает коэффициент отклонения частоты, заданный генератором, управляемым напряжением (ГУН). Управляющее напряжение для ГУН, выполненного на микросхеме MC1658, с диапазоном изменения от 0 до 2 В ослабляется и подается на операционный усилитель AM685, который подключен, как компаратор. Если управляющее напряжение достигает предела и превосходит эталонное напряжение усилителя, то детектор переключается в противоположное состояние. На выходе схемы, таким образом, появляется либо непосредственно сигнал с частотой ГУН, либо сигнал с частотой ГУН, поделенной на 2.

8.19. Квадратурный ГУН на умножителях

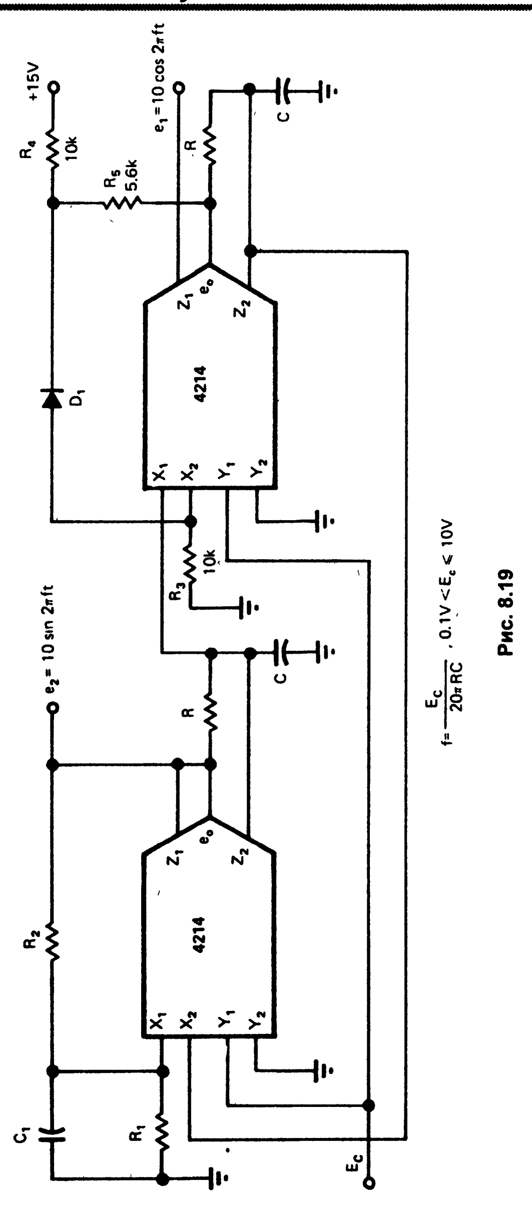


Рис. 8.19

Дифференциальные умножители на ИС типа 4214 (рис. 8.19) устраняют необходимость применять операционный усилитель для квадратурного генератора, в то время как частотой управляют с помощью напряжения E_C от внешнего источника постоянного тока. Резисторы R_3, R_4, R_5 и диод D_1 образуют диодный ограничитель, в то время как резисторы R_1, R_2 и конденсатор C_1 образуют положительную обратную связь, чтобы поддерживать колебания. Значение сопротивления резистора R_1 должно быть приблизительно равно сопротивлению резистора R, R_2 — примерно 20·R, а емкость конденсатора C_1 — примерно емкости 10·C. Резистор R_2 установлен для лучшей регулировки отношения между скоростью переходного процесса и нелинейными искажениями.

9. Схемы определителей уровня напряжения

Глава содержит схемы определителей минимального напряжения, перенапряжения, диапазона напряжений, пиков, периодов импульсов, прохода напряжения через нуль и схемы определения длительности сигналов.

9.1. Защищенный ТТЛ-интерфейс

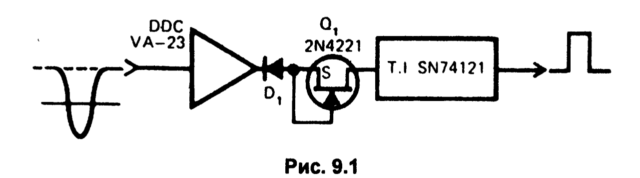


Рис. 9.1

В схеме интерфейса (рис. 9.1) диод D_1 и полевой транзистор Q_1 защищают высокоскоростной детектор уровня, выполненный на ТТЛ-микросхеме моностабильного мультивибратора с триггером Шмитта SN74121, от чрезмерных напряжений на выходе операционного усилителя. Если уровень сигнала на входе операционного усилителя становится слишком отрицательным, то установившийся положительный уровень на его выходе может привести к выходу из строя входа ТТЛ-микросхемы. Приведенная схема делает ТТЛ-интерфейс защищенным без оказания большого влияния на уменьшение быстродействия. Диод D_1 должен был быть германиевым высокоскоростным диодом с напряжением пробоя, которое находится выше наивысшего возможного выходного напряжения (типичное значение 15 В).

9.2. Схема устройства, контролирующего напряжение 12 В постоянного тока

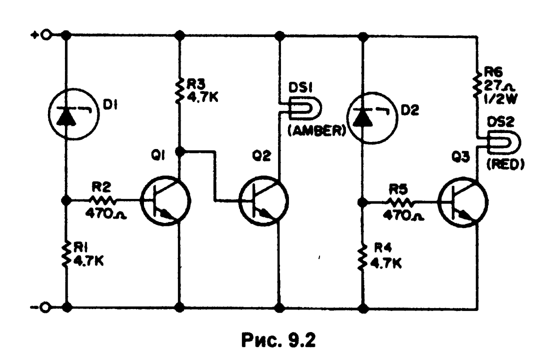
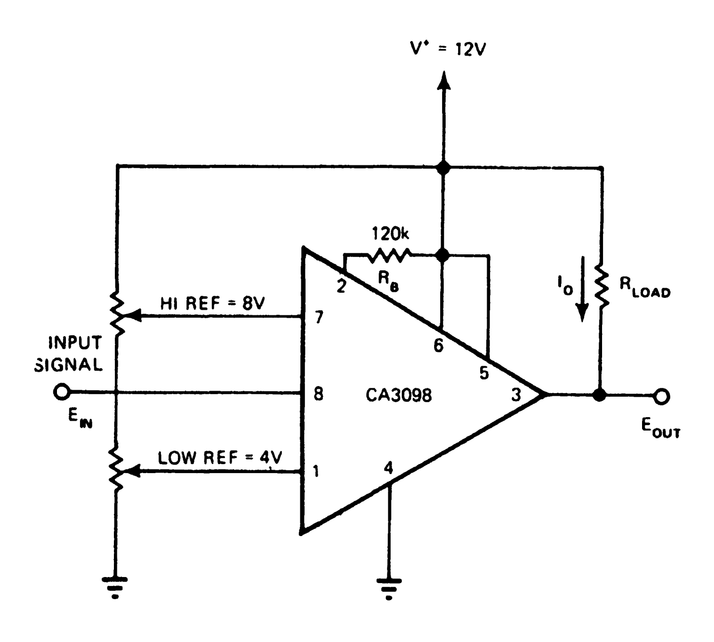


Рис. 9.2

Схема устройства (рис. 9.2), контролирующего предельное напряжение, позволяет оптически отображать информацию о том, что напряжение в электрической системе машины, катера или какого-либо другого чувствительного к питающему напряжению устройства будет соответствовать норме. Стабилитроны D1 и D2 устанавливают такие уровни напряжений между базой и эмиттером транзисторов Q1 и соответственно Q3, что при напряжении менее 13,5 В будет светиться лампа янтарного цвета (типа № 330 на напряжение 14 В и ток 80 мА), а при напряжении более 15,2 В включится красная лампа такого же типа. В схеме используются транзисторы MPS3704 производства компании Motorola, стабилитрон D1 — типа 1N5243B на рабочее напряжение 13 В и стабилитрон D2 — типа 1N5245B на напряжение 15 В.

9.3. Схема, определяющая два пороговых напряжения 4 и 8 В



SEQUENCE	INPUT SIGNAL	OUTPUT VOLTAGE (PIN 3)
1	$4.0 \geq E_{IN} > 0$	0
2	$8.0 > E_{IN} > 4$	0
3	$E_{IN} > 8$	+12
2	$8.0 > E_{IN} > 4$	+12
1	$4.0 \geq E_{IN} > 0$	0

Рис. 9.3

Прецизионный компаратор уровня CA3098 (рис. 9.3) при подаче на вход схемы "INPUT SIGNAL" изменяющегося напряжения E_{IN} (от 0 до 4 В и затем большего 8 В, далее в обратном порядке до 8, 4 и 0 В) при помощи двух своих входов формирует на выходе компаратора сигнал E_{OUT}, который имеет гистерезисную форму с переключением при напряжении 8 В (переход на высокий уровень) и 4 В (переход на низкий). Таблица, показанная внизу на рисунке, отражает изменение уровня напряжения на выходе схемы при изменении входного сигнала. Выходной ток в нагрузке R_{LOAD} может составлять до 150 мА.

9.4. Схема, сигнализирующая о падении напряжения ниже определенного уровня

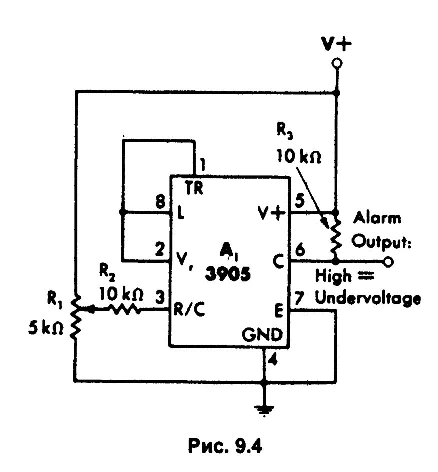


Рис. 9.4

Сигнал на выходе таймера 3905 (рис. 9.4) изменяется на высокий логический уровень, если напряжение питания опускается ниже заранее определенного уровня напряжения. Таймер подключен как инвертирующий компаратор, который сравнивает часть напряжения питания с фиксированным для таймера пороговым напряжением 2 В. Выход схемы может использоваться для подключения подходящей сигнализирующей индикации.

9.5. Схема, сигнализирующая об исчезновении напряжения в сети

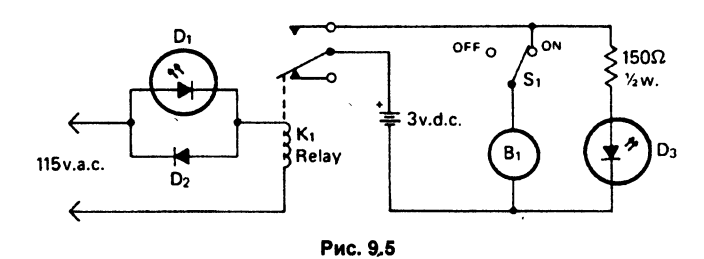


Рис. 9.5

При исчезновении напряжения в сети зазвучит зуммер схемы B_1 и загорится светодиод D_3 красного цвета, как указание на то, что надо что-то сделать для устранения неполадки. Зеленый светодиод D_1 показывает, что система сигнализации находится в эксплуатации. В схеме используется диод D_2 — кремниевый типа 276-1103 производства компании Radio Shack или эквивалентный, зуммер B_1 — типа 273-004 производства той же компании на рабочее напряжение 1,5—6 В постоянного тока или его аналог и реле K_1 — реле типа 275-211 компании Radio Shack с катушкой на 117 В переменного тока с переключающим контактом или аналогичное.

9.6. Схема, сигнализирующая о превышении напряжения определенного уровня

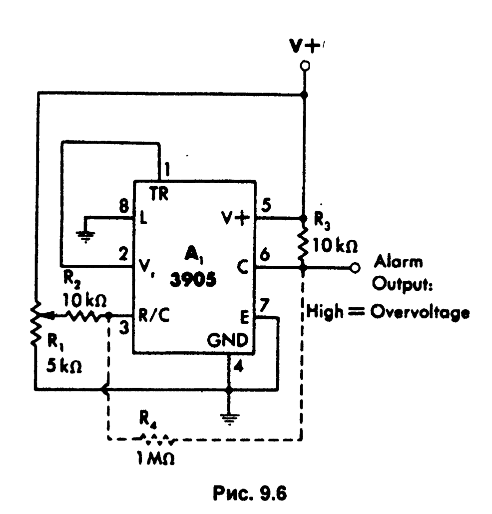


Рис. 9.6

Приведенная на рис. 9.6 схема, реализованная на таймере 3905, при вырастании напряжения питания V+ свыше заранее определенного значения переводит сигнал на ее выходе на высокий логический уровень и может тем самым включить соответствующую сигнализацию. Таймер подключен как неинвертирующий компаратор, который сравнивает фиксированное опорное напряжение равное 2 В с напряжением, являющемся частью напряжения питания и которое можно задать с помощью потенциометра R_1. Опционально, если требуется получить незначительный гистерезис при работе схемы, необходимый для предотвращения ложного срабатывания и соответственно появления сигнала тревоги при кратковременном превышении напряжения питания, в схему устройства можно добавить сопротивление R_4. Дополнительная схема подключения на рисунке показана штриховой линией.

9.7. Многоканальная сигнализирующая схема с памятью

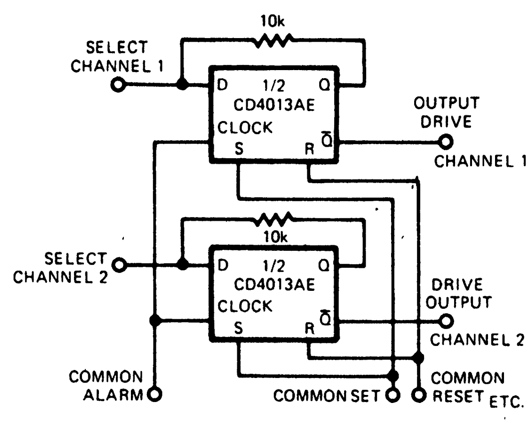


Рис. 9.7

Каждая половина сдвоенного триггера CD4013AE (рис. 9.7) функционирует как логический элемент памяти для сигнала своего канала, который может информировать о наличии перенапряжения, температуры перегрева или какого-либо другого события, при котором превышена граница допуска, и может представляться высоким логическим уровнем "1" для того или иного канала. Фиксация сигналов для всех каналов осуществляется при помощи общего управляющего сигнала (перепада 0→1), поданного сразу на все входы "CLOCK" триггеров. Эта схема может быть продублирована и выполнена для любого количества каналов, причем для каждого канала на выходе должна быть своя собственная управляющая транзисторная схема, допустим, либо со светодиодом, либо с каким-нибудь акустическим сигнализатором. Условие сигнала остается до тех пор, пока оператор системы не подаст сигнал логической "1" на управляющий вход "COMMON RESET".

9.8. Схема, контролирующая напряжение на светодиоде

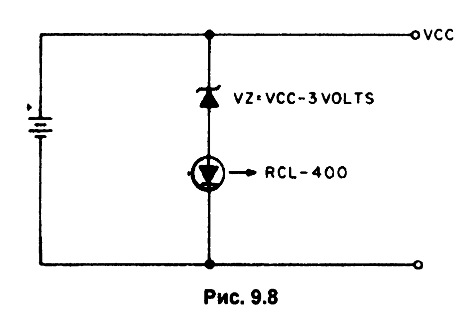


Рис. 9.8

В схеме (рис. 9.8) используется управляемый током светодиод типа RCL-400 производства компании Litronix со встроенной интегральной схемой, чувствительной к напряжению, которая включает светодиод при 3 В, а выключает его при 2 В. Кроме того, применяются подходящие стабилитроны или же цепочка из последовательно подключенных в прямом направлении кремниевых диодов для создания условия VZ = VCC – 3 В (VCC — voltage continuous current — напряжение постоянного тока). Так для батареи с напряжением 4,5 В последовательно к светодиоду должны быть подключены два кремниевых диода, для того чтобы через них падало напряжение VZ = 1,5 В.

9.9. Схема, определяющая выход периода следования входных импульсов за установленные границы

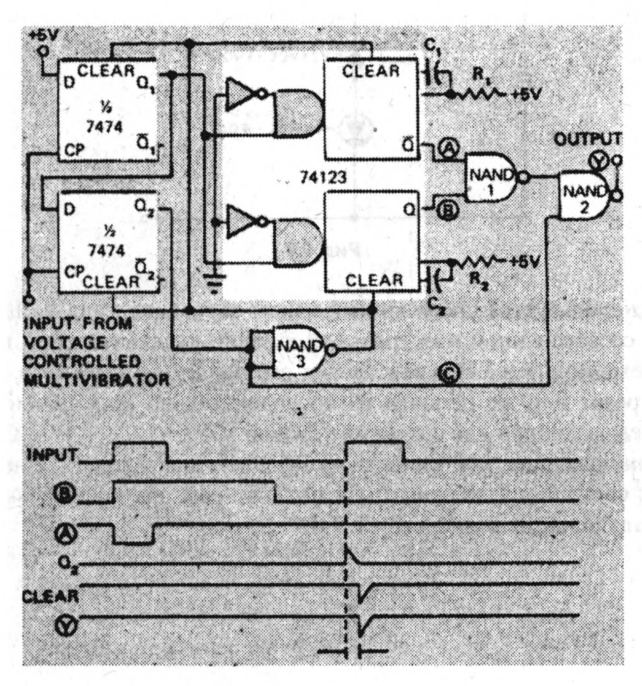


Рис. 9.9

Схема (рис. 9.9) используется для отображения информации о выходе периода следования входных импульсов за предварительно установленные границы. Схема состоит из 2-разрядного регистра сдвига на микросхеме сдвоенного D-триггера 7474, сдвоенного одновибратора со сбросом 74123, трех логических элементов "И-НЕ", один из которых используется как инвертор. Устройство сравнивает период входных импульсов с предварительно установленной максимальной и минимальной границей. Выход схемы "Y" всегда переходит на низкий логический уровень, если период входной импульсной последовательности находится вне определенных границ, которые задаются постоянными времени R_1C_1 и R_2C_2.

9.10. Схема для обнаружения напряжения вне установленного диапазона

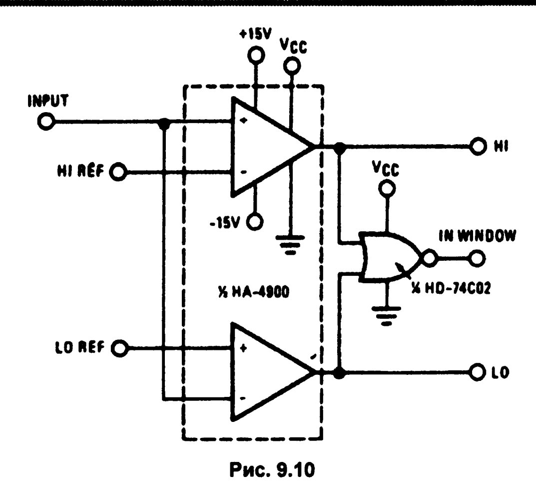


Рис. 9.10

Высокое быстродействие, маленький ток и низкое напряжение смещения счетверенного однокорпусного компаратора высокой точности НА-4900/4905 делает эту схему (рис. 9.10) пригодной для устройств управления промышленными процессами, при которых должны проводиться быстрые и точные решения, основанные на определенных уровнях напряжения. Выходы схемы можно использовать для сигнализации или запуска операций по коррекции напряжения, несоответствующего установленному диапазону.

9.11. Схема детектора положительных пиковых напряжений

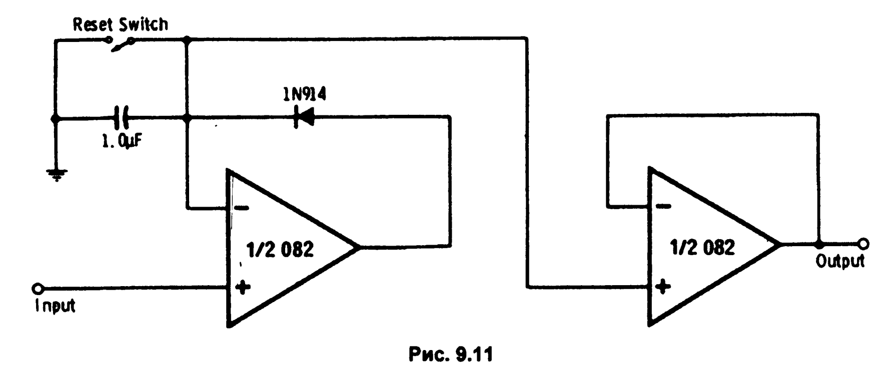


Рис. 9.11

Детектор (рис. 9.11) реагирует на положительные пики напряжений входного сигнала и сохраняет их с помощью конденсатора и схемы, выполненной на одной части сдвоенного операционного усилителя типа 082, в течение достаточно длительного времени. Другая половина операционного усилителя используется как повторитель напряжения и разделяет пиковый детектор от выхода. Время накопления составляет обычно несколько минут, в зависимости от скорости разряда конденсатора с его собственным током утечки, током утечки диода и входных токов операционного усилителя и маленькой нагрузки повторителя напряжения. Кратковременное замыкание переключателя "Reset Switch" разряжает конденсатор и делает схему готовой для следующего фиксирования предельной величины.

9.12. Схема, предупреждающая о низком напряжении питания

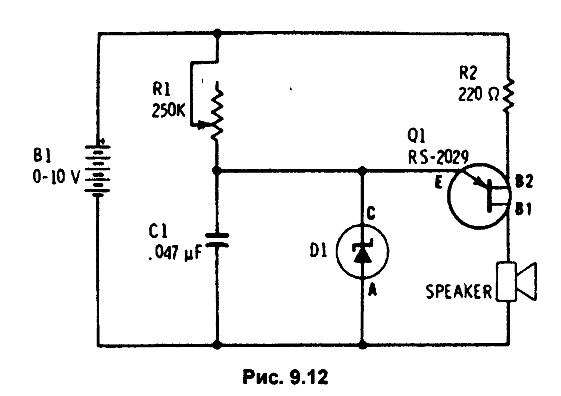


Рис. 9.12

Схема на основе релаксационного генератора на однопереходном транзисторе Q1 (рис. 9.12) формирует звук в динамике, в том случае если напряжение батареи питания падает ниже рабочего напряжения стабилитрона. Для батареи 9 В в качестве стабилитрона D1 может быть использован стабилитрон на напряжение 6 В, например, типа 276-561 производства компании Radio Shack. Если напряжение батареи падает ниже напряжения стабилитрона, то прерывается управление стабилитрона и конденсатор C1 начинает заряжаться, что и необходимо для запуска колебаний генератора. При замене батареи питания напряжение стабилизируется и препятствует заряду конденсатора C1.

9.13. Детектор высшей и низшей точек амплитуды напряжения входного сигнала

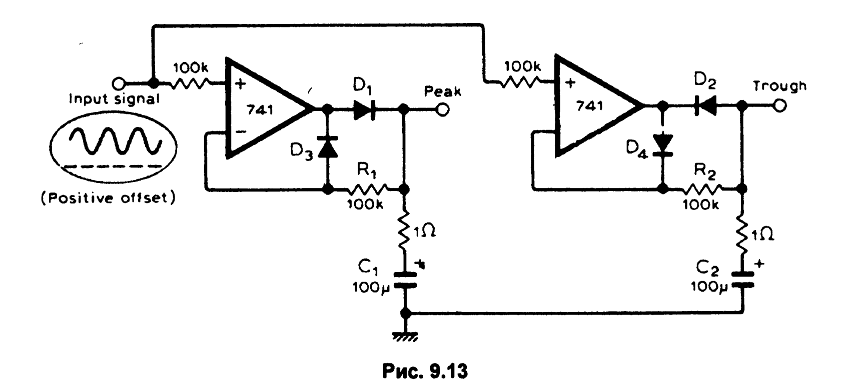


Рис. 9.13

В схеме (рис. 9.13) используются два операционных усилителя для обнаружения высших (Peak) и низших напряжений (Trough) несимметричных форм входного сигнала. В течение полупериода провала амплитуды напряжения входного сигнала функционирует диод D_2 и разряжает конденсатор C_2 за счет самого низкого значения амплитуды сигнала. Через диод D_4 и резистор R_2 во время положительных пиков конденсатор C_2 заряжается, но только медленно, и сохраняет, таким образом, минимальное напряжение. Похожим способом работает первая часть схемы для пиковых напряжений.

9.14. Схема защиты нагрузки от перенапряжения в сети

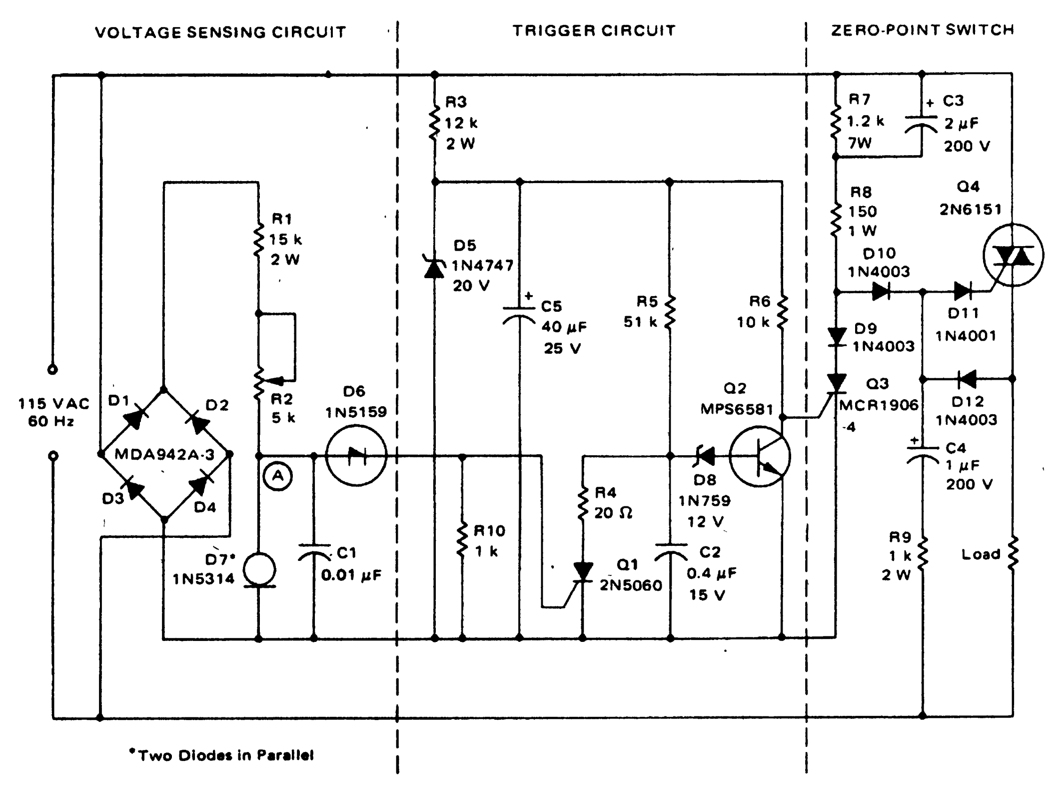


Рис. 9.14

Схема (рис. 9.14) используется для защиты от перенапряжений в сети чувствительных к напряжению нагрузок. Правая часть схемы работает традиционно и включает симистор непосредственно после каждого прохода через нуль полуволн сетевого напряжения. При нормальных напряжениях в сети тиристор Q3 закрыт. Если во время полуволны определяется перенапряжение в сети, то открывается тиристор Q1, при этом конденсатор С2 разряжается и закрывает транзистор Q2 и практически сетевое напряжение поступает на управляющий электрод тиристора Q3, открывая его. До тех пор пока в сети наблюдается перенапряжение, при каждой полуволне включается тиристор Q1 и конденсатор С2 не может заряжаться во время, при котором открыт транзистор Q2. Если условие перенапряжения исчезает, то конденсатор С2 заряжается на определенное диодом D8 напряжение примерно в течение 20 мс, что приводит транзистор Q2 в насыщение, вместе с тем закрывает тиристор Q3 и включает симистор Q4. Потенциометр R2 может устанавливаться таким образом, что будут возможны отклонения сетевого напряжения от нормы в диапазоне от 0 до 11 В.

9.15. Детектор перехода напряжения через нуль с гистерезисом

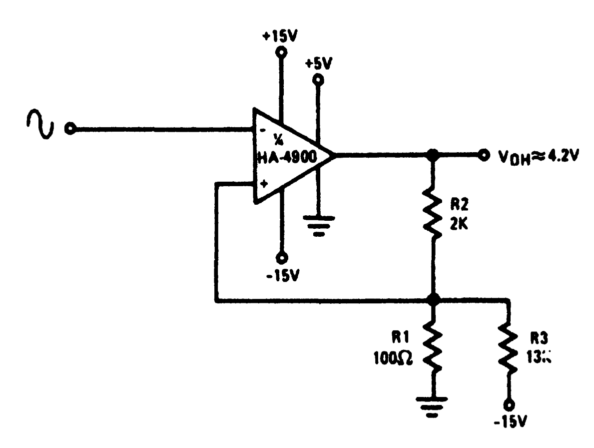


Рис. 9.15

Схема детектора (рис. 9.15), выполненного на одной части счетверенного прецизионного компаратора высокой точности типа НА-4900—4905, работает как триггер Шмитта с гистерезисом около 100 мВ. Схема подходит для случаев, когда требуются быстрые переключения на выходе, а также если входной сигнал медленно идет к нулю. Гистерезис схемы предотвращает и ошибочные срабатывания при входных помехах. Выходной сигнал моментально возрастает до 4,2 В, когда входной сигнал, уменьшаясь, опускается ниже 0 В и достигает напряжения –100 мВ. Кроме того, выходной сигнал моментально изменяется с 4,2 до 0 В, если на вход поступает сигнал с напряжением, изменяющимся в положительном направлении, и при переходе его через 0 В достигает в итоге +100 мВ.

9.16. Схема буферизированного пикового детектора

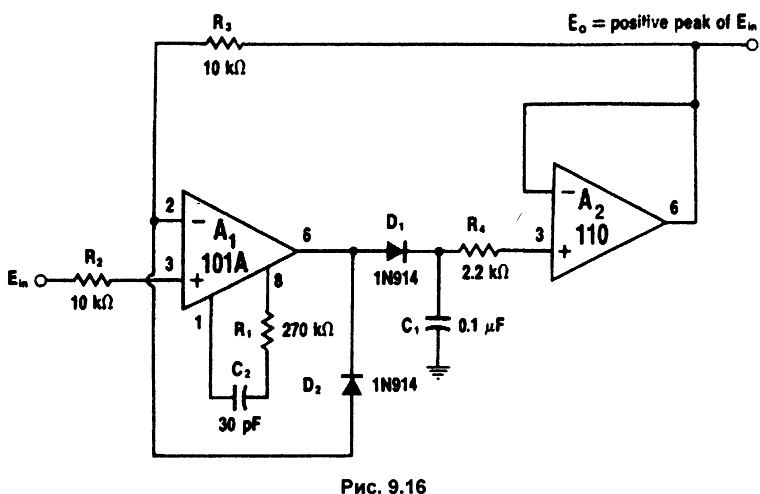


Рис. 9.16

В схеме буферизированного пикового детектора (рис. 9.16) ток разряда конденсатора C_1 минимизируется за счет применения повторителя напряжения с низким значением входного тока и выполненного на операционном усилителе A_2. Резистор R_3 позволяет микросхеме A_1 во время запертого состояния через диод D_2 достигать более быстрого нарастания сигнала. Схема работает почти как идеальный диод, но конденсатор C_1 сохраняет напряжение постоянного тока, которое равняется пиковому напряжению E_{IN} на входе. Если напряжение входного сигнала проходит через нуль, то после ОУ A_1 сигнал проходит далее через диод D_1, а напряжение на выходе схемы следует за возрастающим сигналом. Если входной сигнал достигает пика и начинает уменьшаться, то конденсатор C_1 остается заряженным. Для регистрации отрицательных пиков диоды должны быть перевернуты. Если емкость конденсатора C_1 повысить до 1 мкФ, то, чтобы улучшить стабильность схемы, значение сопротивления резистора R_1 следует увеличить до 2,7 МОм.

9.17. Детектор прохода напряжения через нуль на логарифмическом усилителе

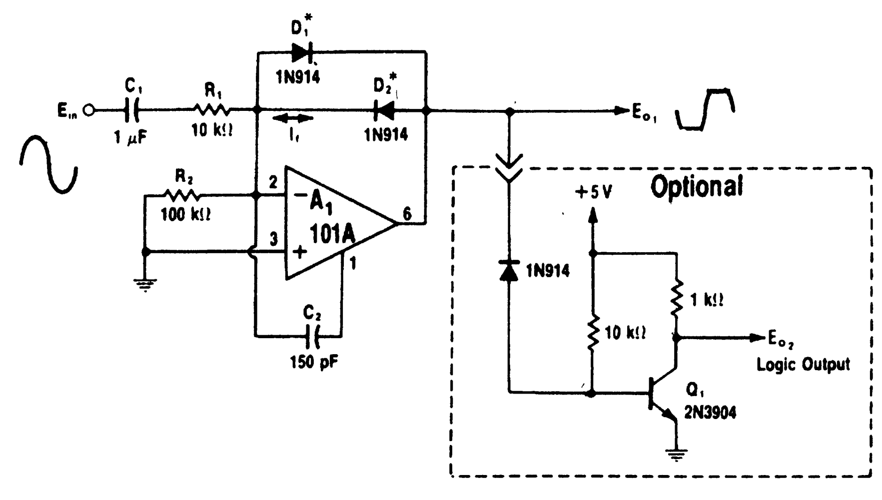


Рис. 9.17

Ток в обратной связи операционного усилителя A_1 (рис. 9.17), пройдя диоды D_1 и D_2, приводит к логарифмической зависимости выходного напряжения. Микросхема A_1 включена так, чтобы соблюдать соответствующее быстродействие и фазовую погрешность на высоких частотах. Номинальное напряжение на выходе составляет $+/-V_f$, где V_f — падение напряжения на диоде в прямом направлении. Динамический диапазон схемы составляет примерно 70 дБ. Если требуются более высокие постоянные выходные напряжения, то должна добавляться дополнительная схема с насыщенным ключом, выполненная на транзисторе Q_1 и обеспечивающая на выходе сигнал с напряжением 0—5 В (схема показана штриховой линией).

9.18. Схема, срабатывающая при входных напряжениях, находящихся внутри окна пороговых напряжений

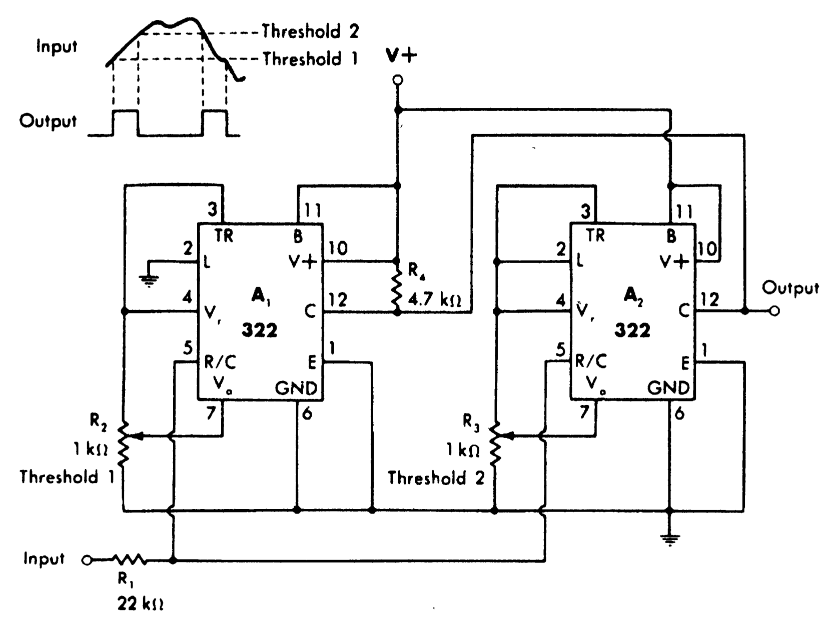


Рис. 9.18

Приведенная на рис. 9.18 схема, выполненная на двух прецизионных таймерах LM322 и включенных по схеме компаратора, формирует на выходе сигнал высокого логического уровня только тогда, когда входное напряжение находится между порогами срабатывания (внутри окна пороговых напряжений), которые определяются значениями сопротивлений переменных резисторов R_2 и R_3. Схема всегда переходит на низкий логический уровень, когда сигнал на входе "Input" находится ниже порога 1 (Threshold 1) или выше порога 2 (Threshold 2), представленных на временной диаграмме рисунка.

9.19. Программируемый пиковый детектор напряжения для диапазона от 0 до +/–10 В

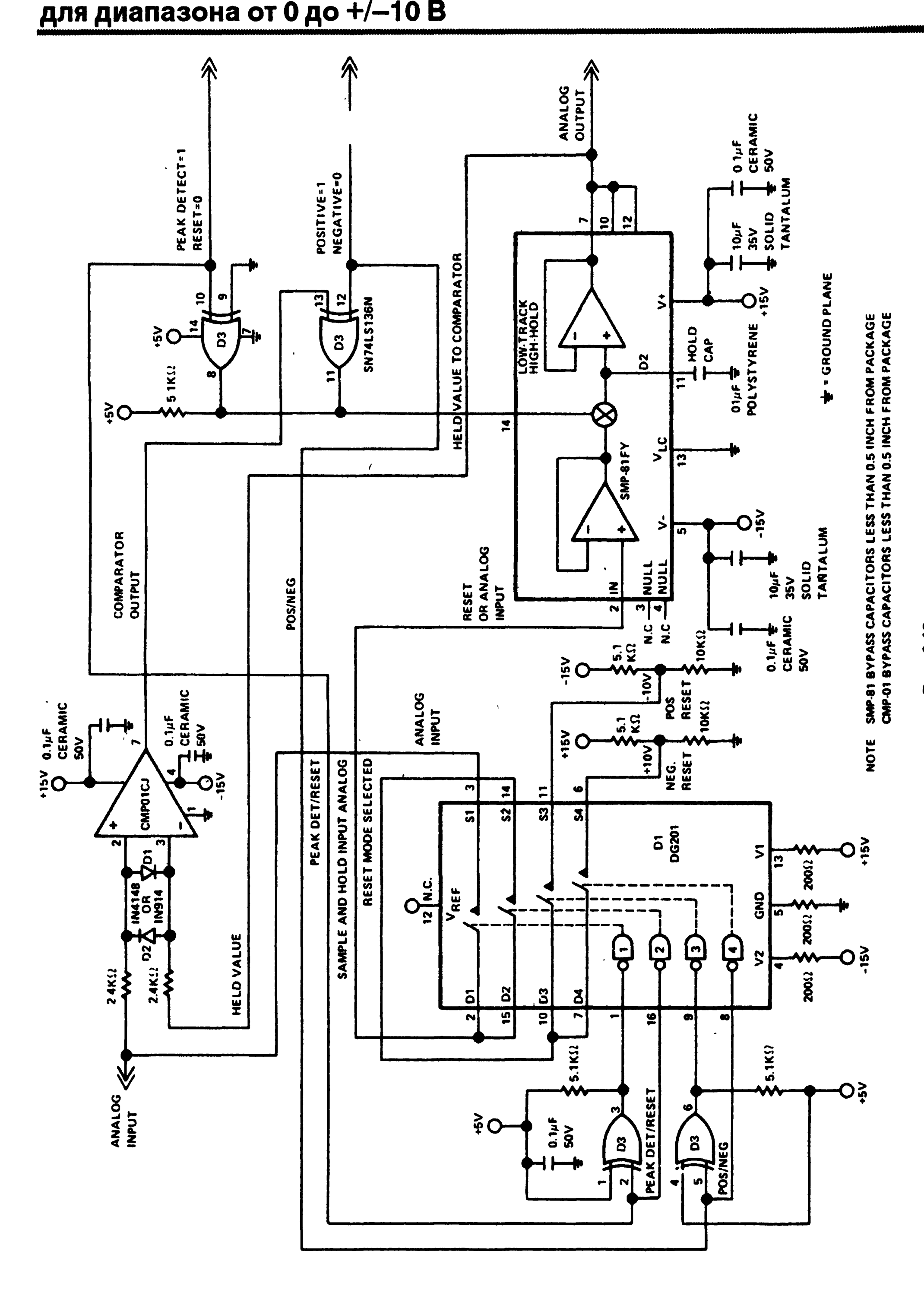


Рис. 9.19

Основными компонентами схемы (рис. 9.19) являются компаратор напряжения CMP-01CJ производства компании Precision Monolithics, усилитель выборки и хранения SMP-81FY, микросхема "Исключающее ИЛИ" с открытым коллектором SN74LS136N и 4-входовый аналоговый коммутатор типа DG201. Точность детектора напряжения постоянного тока находится в пределах 5 мВ для нуля и 10 мВ для сигнала полной амплитуды. Два диода D1—D2 и два резистора с сопротивлением 2,4 кОм предназначены для защиты 2 входов компаратора при перенапряжении. Компаратор постоянно проверяет различие между аналоговым входным напряжением и пиковым напряжением, которое сохранено в усилителе выборки и хранения SMP-81FY. Если значение на входе превосходит ранее сохраненное значение, то записывается новое значение.

9.20. Схема для обнаружения двух граничных напряжений

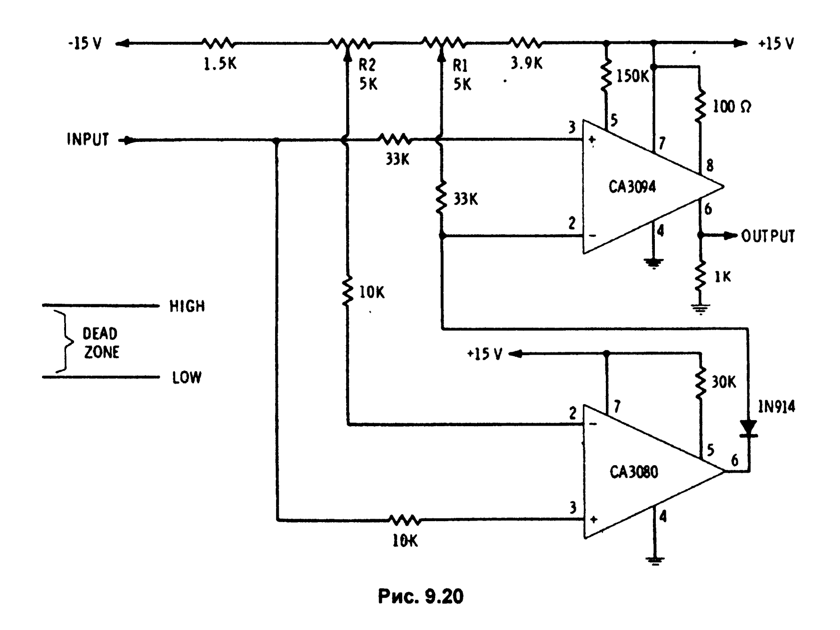


Рис. 9.20

Схема (рис. 9.20) на выходе "OUTPUT" формирует сигнал с напряжением 12 В, если входной сигнал постоянного тока превосходит верхнее граничное значение напряжения "HIGH", которое устанавливается потенциометром R1, или становится меньше нижнего граничного значения "LOW", задаваемого потенциометром R2. Иначе говоря, если сигнал на входе "INPUT" опускается ниже нижней границы, то микросхема CA3080 переводит напряжение на выходе микросхемы CA3094 в состояние высокого уровня. Сигнал на выходе схемы будет низкого уровня в пределах границ диапазона напряжения, т. е. в зоне нечувствительности.

9.21. Защелка уровня напряжения

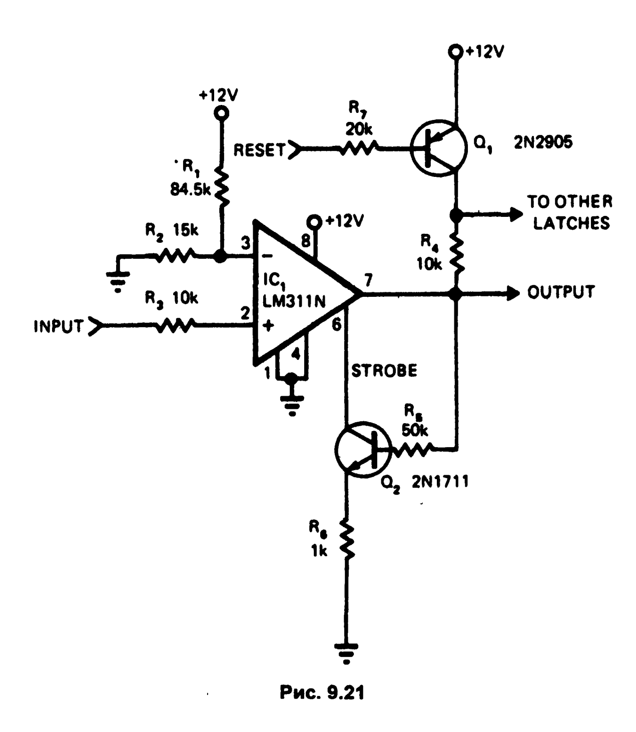


Рис. 9.21

Схема (рис. 9.21) использует компаратор напряжения с защелкой, который сохраняет состояние превышения предварительно установленной пороговой величины. При превышении напряжения, поданного на вход "INPUT", заранее установленного с помощью резисторов R_1 и R_2 значения, выход микросхемы IC_1 переходит на высокий уровень, посредством транзистора Q_2 активирует вход "STROBE" (Строб) и препятствует изменению сигнала на выходе на низкий уровень. Высокий уровень на входе "RESET" (Сброс) закрывает транзистор Q_1, лишает выход с открытым коллектором микросхемы IC_1 напряжения питания и устраняет условие защелкивания. Компаратор работает с напряжениями питания в диапазоне от +5 до +/–15 В.

9.22. Схема для обнаружения уровней напряжения со светодиодной индикацией

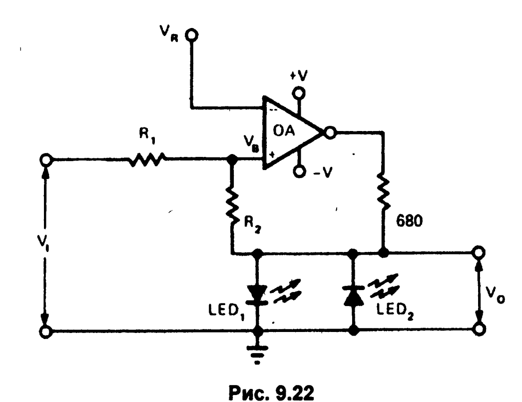


Рис. 9.22

Визуальное отображение уровней напряжения в схеме (рис. 9.22) достигается с помощью двух светодиодов типа TIL203, трех сопротивлений и любого операционного усилителя, который может обеспечивать выходной ток, равный 15 мА. Если входное напряжение превосходит верхнее предельное положительное значение кратковременно или длительно, то включается светодиод LED_1. В том случае, когда небольшой положительный уровень напряжения падает, светодиод LED_1 выключается. Если же входное напряжение будет ниже отрицательного предельного значения, то тогда включится светодиод LED_2. Чтобы при уровнях +2 В включить светодиод LED_1, а при –1,2 В светодиод LED_2, оба сопротивления R_1 и R_2 должны быть по 10 кОм.

9.23. Пиковый детектор для сигналов с напряжением 5 В и частотой до 2 МГц

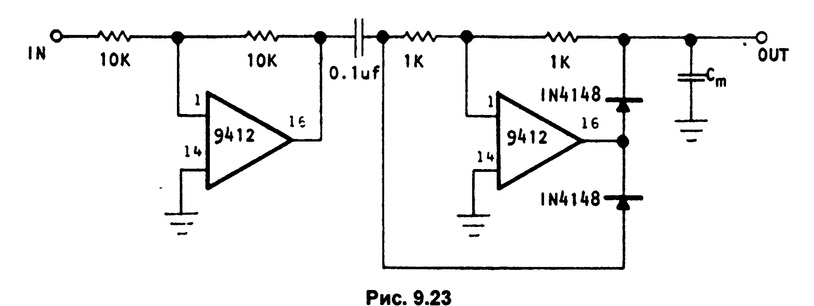


Рис. 9.23

Схема пикового детектора (рис. 9.23), выполненного на двух операционных усилителях типа 9412 производства компании Optical Electronics, формирует на выходе сигнал с напряжением постоянного тока, которое соответствует предельной величине синусоидального входного напряжения. Операционный усилитель заряжает накопительный конденсатор C_m во время отрицательной полуволны и удерживает это напряжение во время положительной полуволны. Схема обладает высоким входным сопротивлением. С накопительным конденсатором емкостью 0,1 мкФ 10-вольтовый импульс улавливается в течение 10 мкс. Для 5-вольтового синусоидального входного сигнала максимальная частота составляет 0,8 МГц, но конденсатор с емкостью 0,01 мкФ может расширить ее вплоть до 2 МГц.

9.24. Схема отображения уровня напряжения сигнала на светодиоде

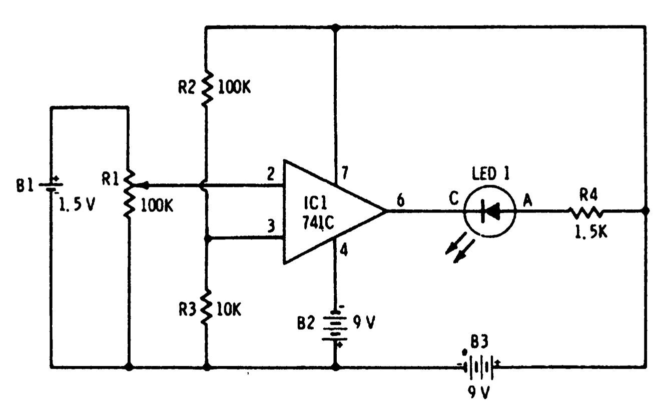


Рис. 9.24

Представленную схему (рис. 9.24) настраивают так, что операционный усилитель включает светодиод при желаемом уровне напряжения, который устанавливается с помощью потенциометра R1. Для получения максимального усиления операционный усилитель используется без сопротивления в обратной связи. Таким образом, маленький входной сигнал обеспечивает на выходе очень большой сигнал. С приведенными на схеме значениями сопротивлений для резисторов R2 и R3 напряжение включения для светодиода равно 0,9 В.

9.25. Схема контроля напряжений

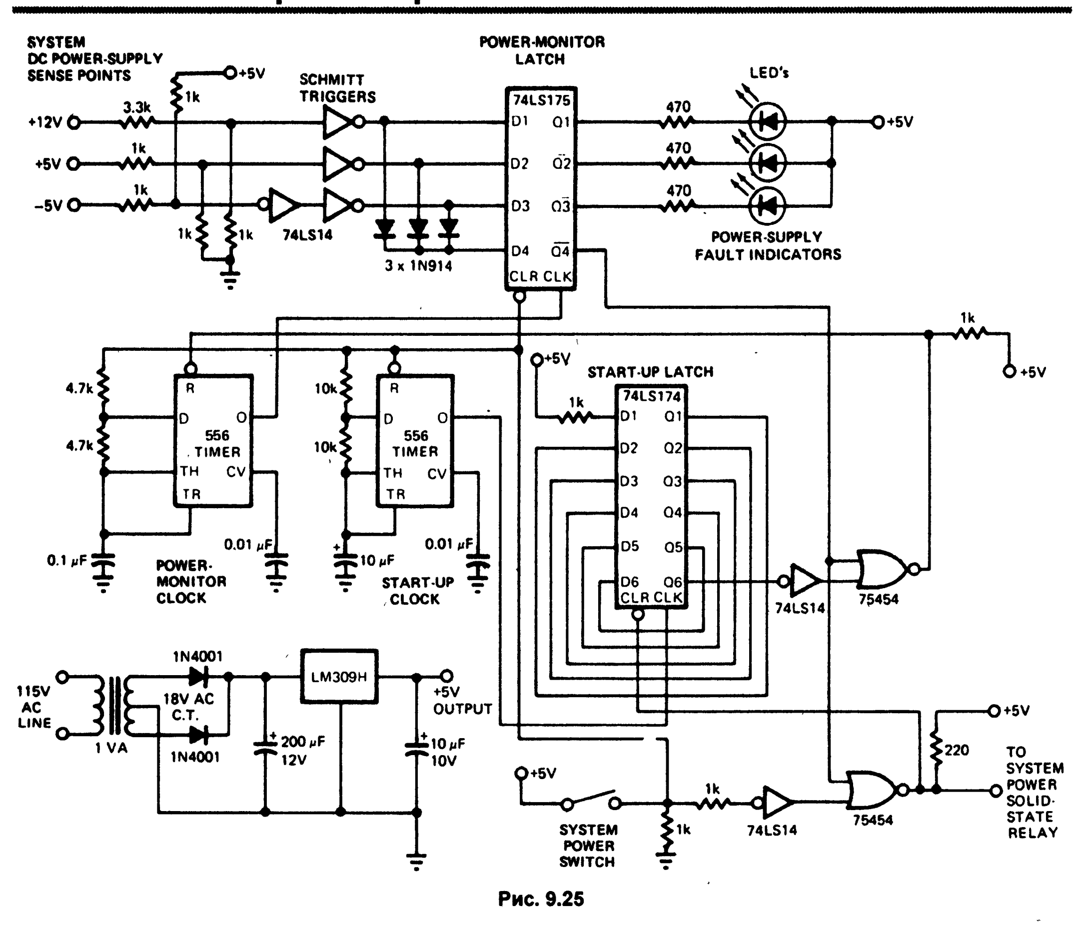


Рис. 9.25

Схема (рис. 9.25) разработана для применения в системах, у которых имеется несколько напряжений, поступающих от источника питания постоянного тока, для того, чтобы избежать возможных повреждений, если одно из этих напряжений будет ниже допустимого уровня, в то время как другое будет в норме. Схема контроля имеет свой собственный независимый источник питания, который гарантирует защиту, даже тогда, когда выключаются устройства, содержащие ОЗУ и МОП-компоненты. При неисправности в источнике питания переменного тока вся система выключается полностью. Схема при необходимости может быть легко адаптирована для любого количества источников питания путем добавления делителей напряжения, триггеров Шмитта, диодов и защелок. Включение выключателя для системного источника питания активизирует полупроводниковое реле, которое подает напряжение к основному источнику питания. Половина микросхемы сдвоенного таймера типа 556 и D-защелка 74LS174 предотвращают контроль напряжения до тех пор, пока источники питания не стабилизировались в течение 500 мс. Другая половина микросхемы 556 обеспечивает тактовую частоту для узла защелки контроля питания "POWER-MONITOR LATCH". Система работает нормально до тех пор, пока на все D-входы узла "MONITOR-LATCH" поступают сигналы логического "0". Если источник питания выходит из строя, то уровень логической "1" появляется у соответствующего входа защелки и следующий синхроимпульс запускает отключение системы. При этом горящий светодиод будет показывать на неисправное напряжение источника питания.

9.26. Детектор прохода через нуль сетевого переменного напряжения

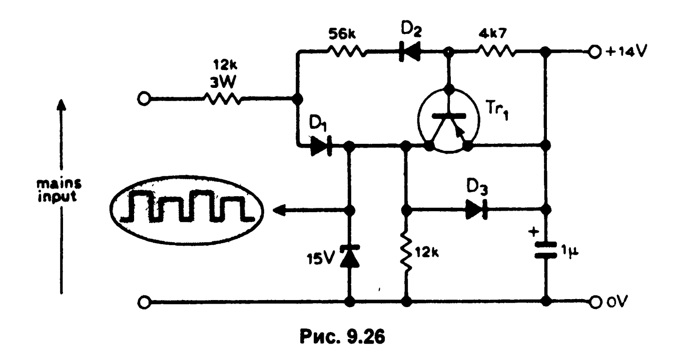


Рис. 9.26

При положительной полуволне сетевого напряжения конденсатор схемы (рис. 9.26) через диоды D_1 и D_3 заряжается до напряжения 14 В. При отрицательной полуволне ток, проходя через диод D_2, открывает транзистор Tr_1, после чего конденсатор разряжается. Сигнал на выходе при отрицательных полуволнах будет меньше примерно на 1 В. Используемый в схеме тип транзистора и типы диодов некритичны, за исключением D_1, который должен выдерживать полное напряжение сети.

9.27. Триггерная схема на таймере 555

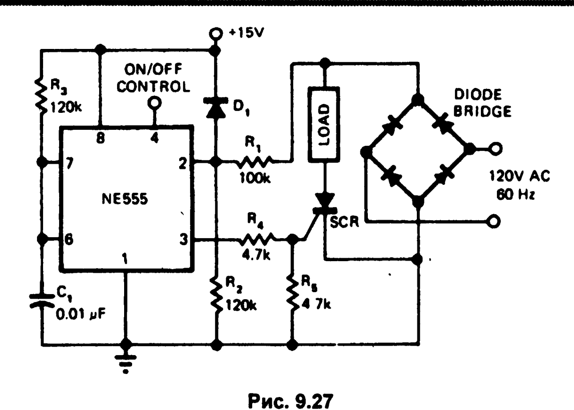


Рис. 9.27

Относительно недорогой интегральный таймер схемы (рис. 9.27) типа 555 позволяет выполнять включение-выключение и пропорциональное переключение нагрузок переменного тока без генерирования радиопомех или скачков напряжения. Таймер используется в моностабильном режиме и запускается снова в каждую полуволну переменного напряжения, если напряжение на выводе 2 падает менее 1,67 В. С помощью резистора R_3 и конденсатора C_1 устанавливают длительность выходного импульса таймера около 1 мс, что достаточно долго, для того чтобы тиристор открылся при следующей полуволне, а с другой стороны, слишком мало, чтобы закрыть тиристор при следующем проходе сетевого напряжения через нуль, если новый импульс отсутствует. Вывод 4 микросхемы используется как управляющий вход для включения-выключения. Изменение длительности прямоугольного импульса дает возможность пропорционального управления для нагревательных устройств или других применений.

9.28. Схема для мгновенного определения верхнего предельного значения напряжения

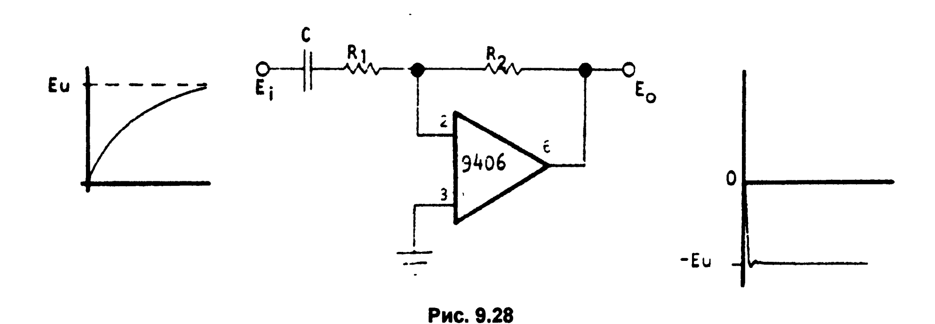
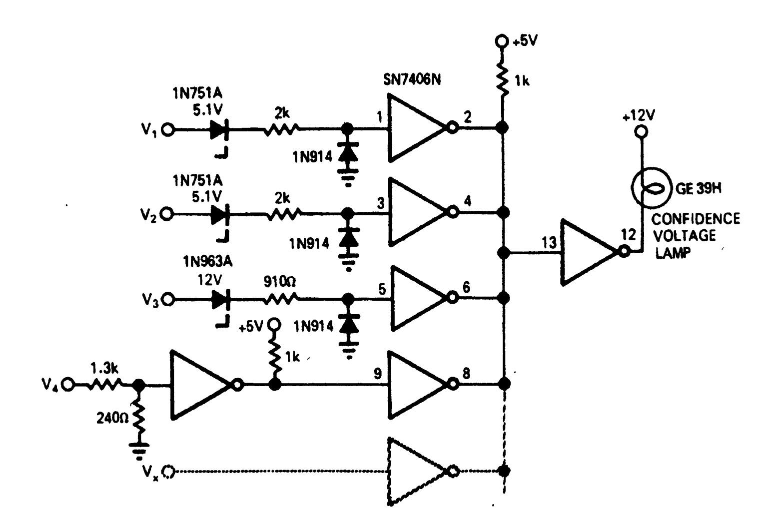


Рис. 9.28

Схема (рис. 9.28) позволяет практически мгновенно вычислять конечное значение логарифмически возрастающего входного напряжения E_i посредством дифференцирования, обеспечивая на выходе ступенчатую функцию, равную верхнему пределу E_u. В схеме используется операционный усилитель 9406 производства компании Optical Electronics. Для схемы имеет место соотношение $E_u = E_O = -R_2E_i/R_1 - R_2C\ de_i/dt$.

9.29. Схема визуальной сигнализации при низком значении напряжения



INPUT	NOMINAL VOLTAGE	CONFIDENCE-VOLTAGE LAMP: TURNS OFF AT:	TURNS ON AT:
V_1	-5V	-4.8V	-4.9V
V_2	-5V	-4.3V	-4.4V
V_3	-12V	-11.3V	-11.5V
V_4	+8V	+6.6V	+6.7V

Рис. 9.29

Представленная схема визуальной сигнализации (рис. 9.29) достаточно проста и использует цифровые инверторы, чтобы наблюдать за несколькими различными входными напряжениями. Схемотехника устройства довольно гибка, и поэтому схема может легко изменяться и модифицироваться для различных значений входного напряжения и дополнительных входов для напряжений как положительных, так и отрицательных. Если отрицательное входное напряжение (V_1, V_2 или V_3) становится ниже напряжения пробоя для соответствующего стабилитрона, то сигнал логического "0", появляющийся на выходе инвертора, объединяется с другими сигналами инверторов, соединенных по схеме монтажного "ИЛИ". Так как при обнаружении отклонения входного напряжения от нормального его значения на вход инвертора усилителя индикаторной лампы накаливания поступает логический "0", то лампа выключается. Если же положительное входное напряжение V_4 становится меньше предопределенного заранее значения, то на вход усилителя индикаторной лампы так же поступит сигнал логического "0", который выключит лампу и проинформирует этим об отклонении входного напряжения от нормы.

9.30. Звуковой сигнализатор для морозилки

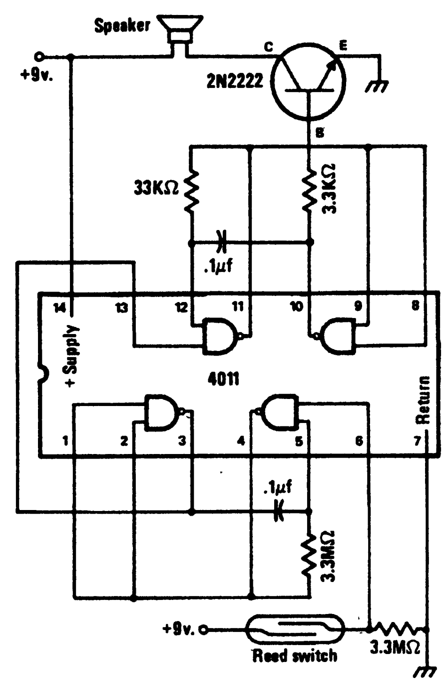


Рис. 9.30

В схеме сигнализатора (рис. 9.30) используется динамик, подключенный с помощью ключа на транзисторе 2N2222 к тональному генератору, выполненному на логической микросхеме 4011. Схема устройства питается от батареи с напряжением 9 В. Если лед в морозилке тает, то постоянный магнит опускается на герконовый переключатель и приводит к замыканию его контактов. При этом начинает работать тональный генератор, а динамик издавать звуковой сигнал. Геркон приклеивают на внутреннюю стенку морозилки смесью, состоящей из водостойкого состава, препятствующего замерзанию.

9.31. Схема детектора порогового напряжения в диапазоне от ±1,5 до ±7,5 В

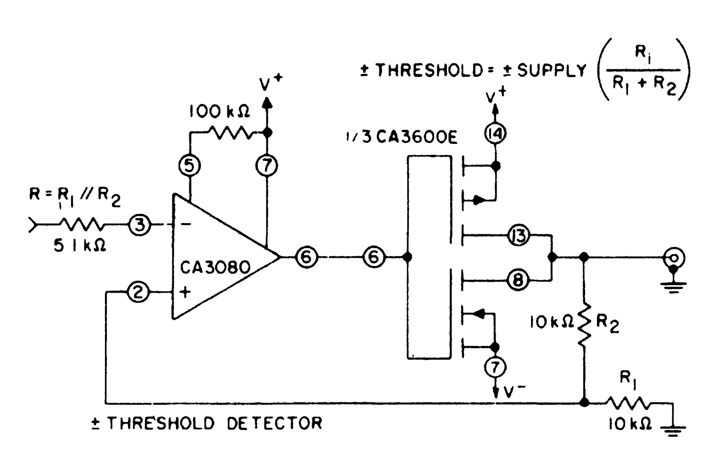


Рис. 9.31

Хорошие временные параметры и точные значения пороговых величин являются характерными входными чертами операционного дифференциального усилителя CA3080 (рис. 9.31), используемого для управления инвертирующим усилителем, выполненного на 1/3 микросхемы КМОП-транзисторной сборки CA3600E. С приведенными на схеме значениями пороговое напряжение при данной полярности равно половине применяемого питающего напряжения, которое может быть в пределах от 3 до 15 В.

9.32. Детектор диапазона пороговых напряжений

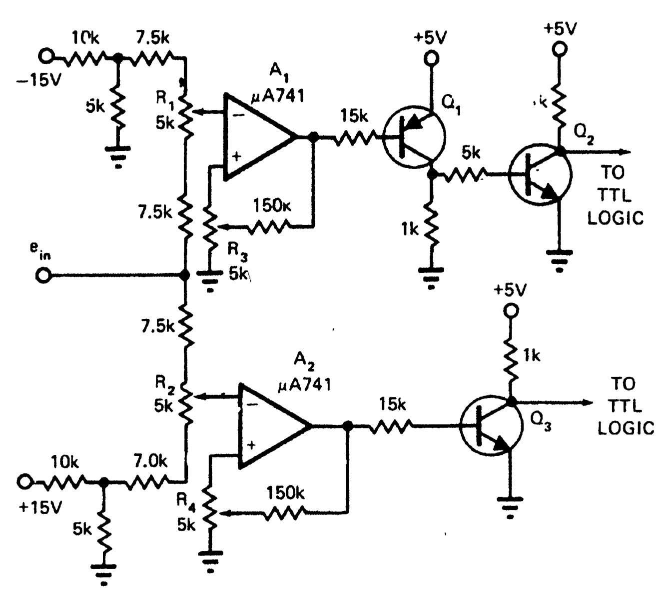
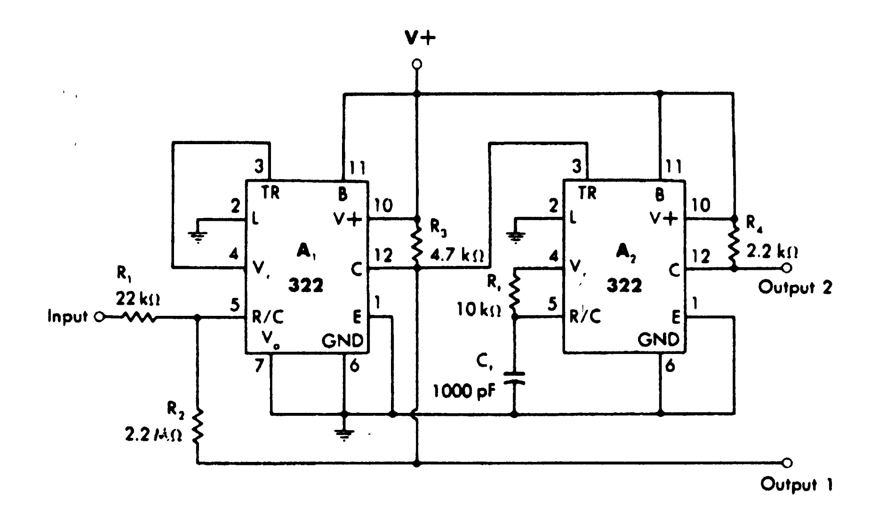


Рис. 9.32

Не имеющая себе равных схема детектора (рис. 9.32) служит для учета диапазона пороговых напряжений и обеспечивает соответствующее отображение при изменении входного сигнала от слишком высоких до слишком низких или допустимых входных уровней напряжения и включает возможность для настройки как пороговых уровней напряжения, так и уровней гистерезиса. Верхние и нижние уровни пороговых напряжений устанавливаются с помощью потенциометров R_1 и R_2, в то время как потенциометры R_3 и R_4 регулируют установку верхних и нижних уровней напряжения гистерезиса. При допустимой области изменения входного сигнала 4,5—5,5 В сигнал на выходе операционного усилителя становится отрицательным, если входной сигнал e_{in} более 5,5 В. Это приводит транзисторы Q_1 и Q_2 в насыщение и способствует тому, что сигнал на выходе транзистора Q_2 уменьшается с +5 до 0 В. В этом случае ТТЛ-схемы, подключенные к этому транзистору, должны показывать, что входной сигнал выше 5,5 В. Верхнее значение гистерезиса делает выход микросхемы A_1 отрицательным так долго, пока вход не уменьшился до уровня, установленного с помощью резистора R_3, который мог бы иметь значение 5,3 В. Аналогично ведет себя выход микросхемы A_2. То есть, если напряжение входного сигнала уменьшается менее 4,5 В, сигнал на выходе A_2 становится положительным, что приводит транзистор Q_3 в насыщение.

13 Зак. 1033

9.33. Схема, определяющая моменты времени при проходе входного переменного сигнала через нуль



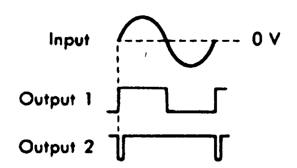


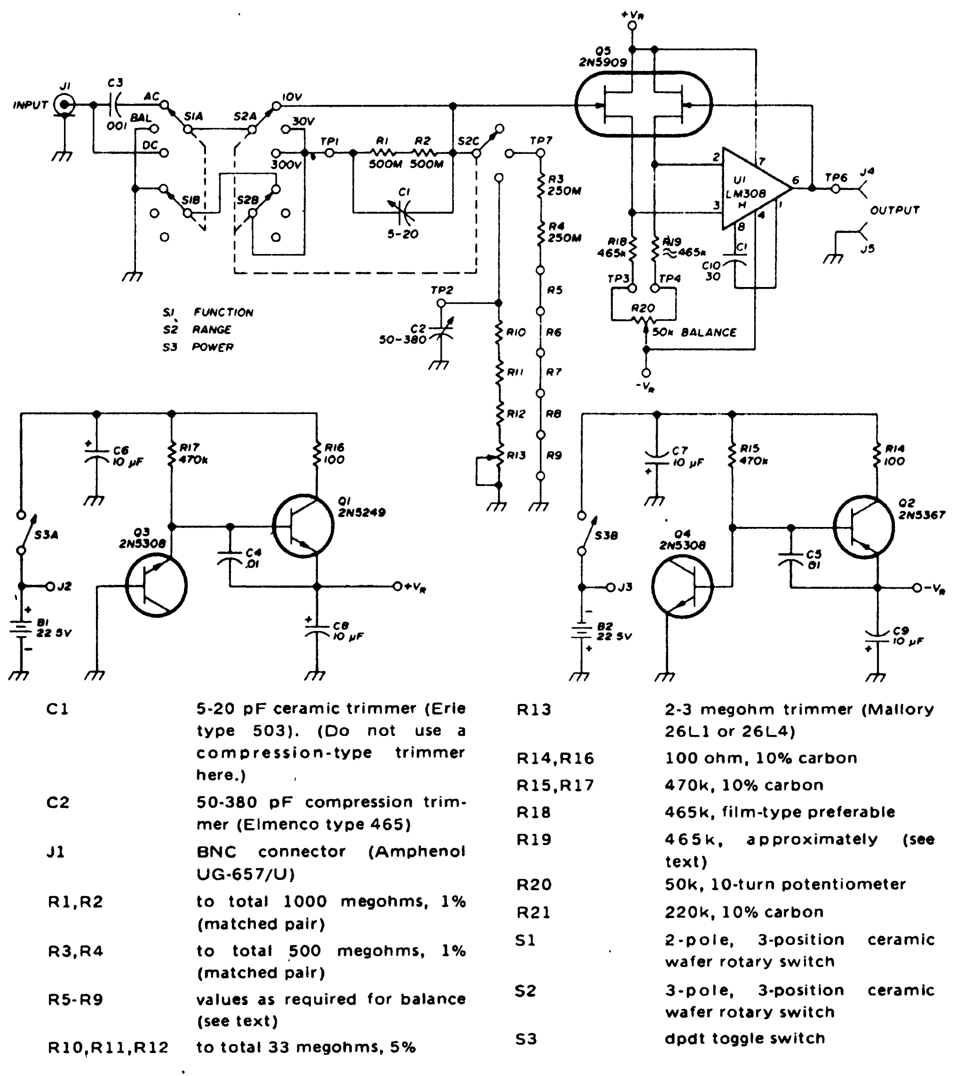
Рис. 9.33

Сигнал "Output 1" на выходе компаратора A_1, выполненного на микросхеме прецизионного таймера типа 322 (рис. 9.33), будет иметь высокий логический уровень, если входной сигнал больше 0 В, и низкий логический уровень, если — меньше 0 В. Иначе говоря, на выходе компаратора A_1 будут формироваться прямоугольные импульсы, находящиеся в фазе с моментами времени при проходе через нуль входного сигнала. Если резистор R_1 равен 22 кОм, то на вход можно подавать сигнал с амплитудой до ±10 В. Микросхема A_2 является моностабильной и подключена так, что устанавливается в нулевое состояние, если сигнал "Output 1" микросхемы A_1 будет высокого логического уровня. На выходе второго таймера 322 будут генерироваться короткие отрицательные импульсы "Output 2", пригодные для временных меток.

10. Схемы для измерения напряжения

Глава содержит схемы вольтметра, мультиметра и электрометра для измерения абсолютного, пикового, эффективного и других значений напряжений переменного, постоянного тока и высокой частоты. Кроме того, представленные схемы в качестве регистрирующих устройств используют измерительные механизмы, цифровые индикаторы, динамики, полосковые индикаторы и счетчики частоты. Так же в главу включены схемы автоматического определения полярности напряжения и детекторов нулевого напряжения.

10.1. Схема прецизионного усилителя с входным сопротивлением 1 ТОм для измерения переменного и постоянного напряжения



C1	5-20 pF ceramic trimmer (Erie type 503). (Do not use a compression-type trimmer here.)	R13	2-3 megohm trimmer (Mallory 26L1 or 26L4)
C2	50-380 pF compression trimmer (Elmenco type 465)	R14,R16	100 ohm, 10% carbon
J1	BNC connector (Amphenol UG-657/U)	R15,R17	470k, 10% carbon
R1,R2	to total 1000 megohms, 1% (matched pair)	R18	465k, film-type preferable
R3,R4	to total 500 megohms, 1% (matched pair)	R19	465k, approximately (see text)
R5-R9	values as required for balance (see text)	R20	50k, 10-turn potentiometer
R10,R11,R12	to total 33 megohms, 5%	R21	220k, 10% carbon
		S1	2-pole, 3-position ceramic wafer rotary switch
		S2	3-pole, 3-position ceramic wafer rotary switch
		S3	dpdt toggle switch

Рис. 10.1

Прецизионный интерфейсный усилитель (рис. 10.1), предназначенный для измерения напряжения переменного и постоянного тока, имеет входное сопротивление 1 000 000 МОм, или иначе 1 ТОм (тераом). Усилитель при использовании специального сдвоенного полевого транзистора с чрезвычайно низким током утечки затвора устраняет погрешности вольтметра, тесно связанные с нагрузкой прибора на измеряемую цепь. Полевой транзистор и операционный усилитель подключаются как повторитель напряжения с единичным коэффициентом усилением. Точность устройства в диапазоне напряжений от 0 до 10 В составляет 0,1 % или лучше. Для других диапазонов с более высокими напряжениями точность зависит от точности сопротивлений делителей напряжения. Устройство имеет три диапазона с

пределами 10, 30 и 300 В. Действующее значение входного переменного тока ограничено 70 % диапазона постоянного тока. Для питания используется двуполярный источник с использованием двух стабилизаторов напряжения, которые сами питаются от батарей питания с напряжениями, которые превосходят номинальное напряжение питания операционного усилителя равное 18 В. Таким образом, напряжение питающих батарей может значительно уменьшиться, прежде чем потребуется их замена.

10.2. Вольтметр с полосковым индикатором на светодиодах

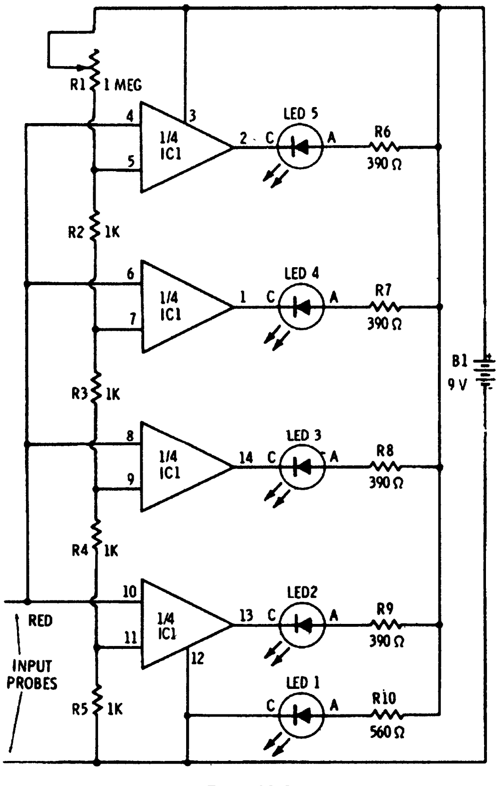


Рис. 10.2

Выходы отдельных элементов однокорпусного счетверенного компаратора типа RS339, используемого в вольтметре (рис. 10.2), включают соответствующий светодиод и показывают тем самым 4 различные уровня входного напряжения, в то время как светодиод LED1 служит для индикации нулевого уровня напряжения. Значения сопротивлений резисторов R6—R10 приведены для красных светодиодов типа 276-041 производства компании Radio Shack. Для зеленых светодиодов значения сопротивлений резисторов R6—R9 нужно изменить на 270 Ом, а резистора R10 на 470 Ом. Потенциометр R1 используется для калибровки делителя напряжения, состоящего из резисторов R2—R5. С низким значением сопротивления, установленного с помощью потенциометра R1, компараторы переключаются с интервалами от 1 В или больше. При более высоком значении сопротивления потенциометра R1 компараторы будут переключаться при долях вольта.

10.3. Детектор для положительных пиков напряжения

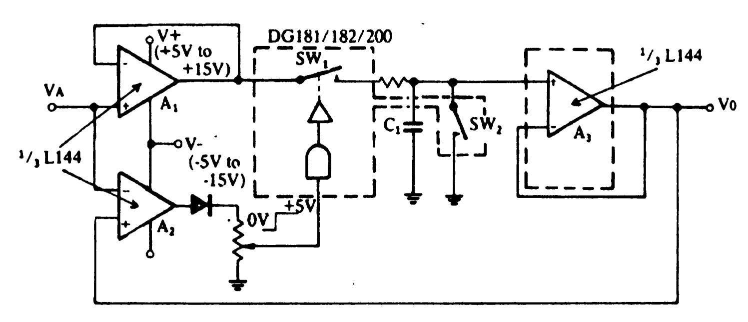


Рис. 10.3

Схема (рис. 10.3), состоящая из 3 операционных усилителей однокорпусного утроенного операционного усилителя типа L144 компании Siliconix и аналогового коммутатора DG181, устраняет погрешность обычных диодных схем. Третий операционный усилитель работает как компаратор и обеспечивает управление переключателем SW_1. Схема действует таким образом, что сохраняется наивысший положительный пик. Переключатель SW_2 служит как переключатель системного сброса.

10.4. Электрометр на полевых транзисторах

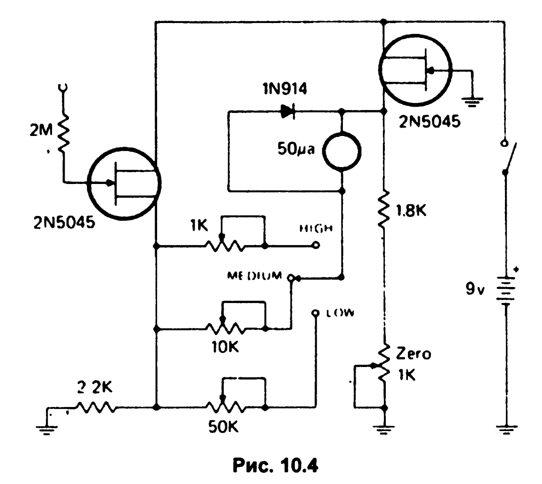


Рис. 10.4

Прибор может использоваться для измерения токов утечки в диапазоне пикоампер и в том случае, когда требуется, чтобы при проведении измерений электрометр практически не нагружал измеряемую цепь. Мостовая схема прибора (рис. 10.4) содержит 3 потенциометра для трех диапазонов чувствительности. Они могут настраивать полное отклонение аналогового измерительного прибора (микроамперметра на 50 мкА) при соответствующих входных напряжениях 0,5, 1,5 и 5 В. С сопротивлением 1000 МОм между общей точкой и измерительным наконечником пикоамперметр дает в итоге полное отклонение измерительного прибора при токе 500 пА. Если прибор используется в качестве ненагружающего измеряемую цепь вольтметра, то неизвестное напряжение подается с тем же сопротивлением 1000 МОм, что составляет в итоге 0,5 В полного отклонения прибора.

10.5. Милливольтметр на полевом транзисторе

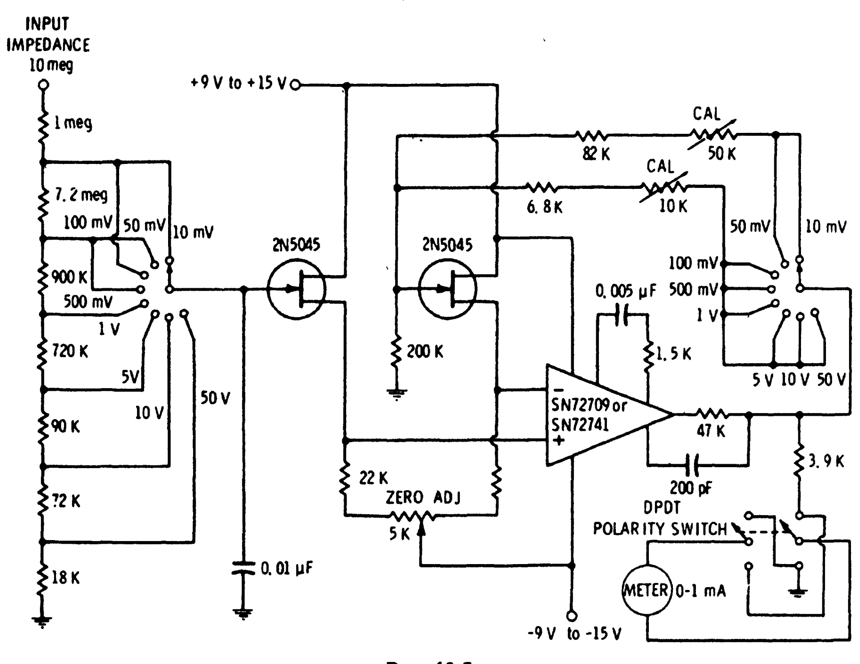


Рис. 10.5

На рис. 10.5 представлена схема измерительного прибора, который имеет 8 диапазонов для измерения напряжения: 10 мВ, 50 мВ, 100 мВ, 500 мВ, 1 В, 5 В, 10 В и 50 В. Милливольтметр выполнен на паре полевых транзисторов, включенных в мостовую схему, которые управляют измерительным аналоговым прибором посредством операционного усилителя. Следует отметить, что для схемы должны быть тщательно подобраны именно парные полевые транзисторы, несмотря на то, что в приборе предусмотрена их балансировка с помощью потенциометра "ZERO ADJ" (регулировка нуля) с сопротивлением 5 кОм.

10.6. Вольтметр переменного тока с расширенным диапазоном

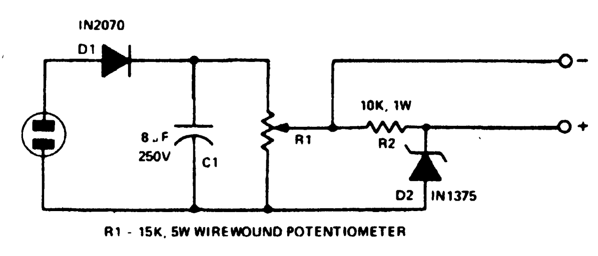


Рис. 10.6

Переменное сетевое напряжение подается на диод D1 (рис. 10.6), после которого выпрямленное постоянное напряжение сглаживается конденсатором C1. Потенциометр R1 обеспечивает эквивалент эффективного напряжения, поступающего через резистор R2 на 100-вольтовый стабилитрон. Напряжение на резисторе R2, предназначенное для подачи его на измерительный прибор с входным сопротивлением около 1000 Ом/В, возникает только тогда, когда напряжение, которое поступает от потенциометра R1, превосходит 100 В. Для калибровки сетевое напряжение нужно измерять при помощи точного вольтметра переменного тока и устанавливать потенциометр R1 таким образом, чтобы измерительный прибор, подключенный к резистору R2, показывал меньше 100 В при этом значении.

10.7. Преобразователь переменного напряжения в постоянное

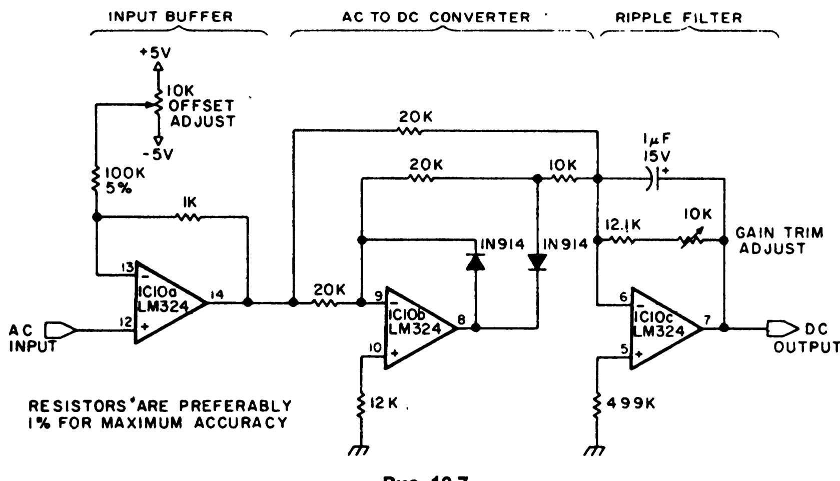


Рис. 10.7

Представленная схема (рис. 10.7) состоит из буферного усилителя, самого преобразователя переменного напряжения в постоянное и сглаживающего фильтра. Устройство предназначено для измерения переменного напряжения при помощи цифрового вольтметра постоянного тока. Результирующий выходной сигнал равен среднему действующему значению приложенного входного сигнала. Если к преобразователю подается 1 В амплитудного напряжения при частоте 60 Гц, то на выходе прибор должен показывать +0,707 В постоянного тока. Вывод 4 микросхемы LM324 должен быть подключен к источнику постоянного тока с напряжением +5 В, а вывод 11 — с напряжением –5 В.

10.8. Схема, контролирующая сетевое напряжение

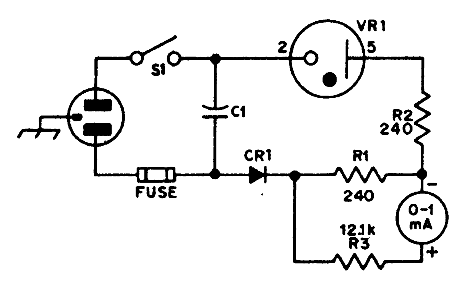


Рис. 10.8

Электровакуумный стабилитрон 0С3 (VR-105) схемы (рис. 10.8) обеспечивает напряжение смещения, при котором возможна большая чувствительность в нужном диапазоне напряжений. В данном устройстве шкала измерительного прибора имеет 20-вольтовый диапазон с серединой при напряжении 115 В переменного тока. Точность контроля напряжения с использованием этой схемы гораздо лучше, чем при использовании обычного мультиметра переменного тока. Диод CR1 — кремниевый диод на напряжение 500 В и ток 1 А.

10.9. Схема защиты измерительного прибора с помощью стабилитрона

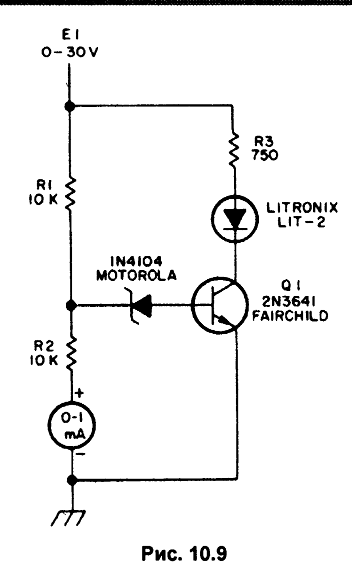


Рис. 10.9

Простая схема для защиты измерительного прибора от перенапряжения (рис. 10.9), где 10-вольтовый стабилитрон становится проводящим, если измеряемое напряжение в точке E1 превосходит напряжение полного отклонения вольтметра, в качестве которого используется миллиамперметр с последовательно включенным резистором R2. В этом случае транзистор Q1 открывается и пропускает ток через светодиод. Таким образом, представленная схема обладает оптической индикацией перенапряжения и одновременно открывает параллельный обходной путь для тока, и тем самым защищает измерительный прибор.

10.10. 5-разрядный вольтомметр

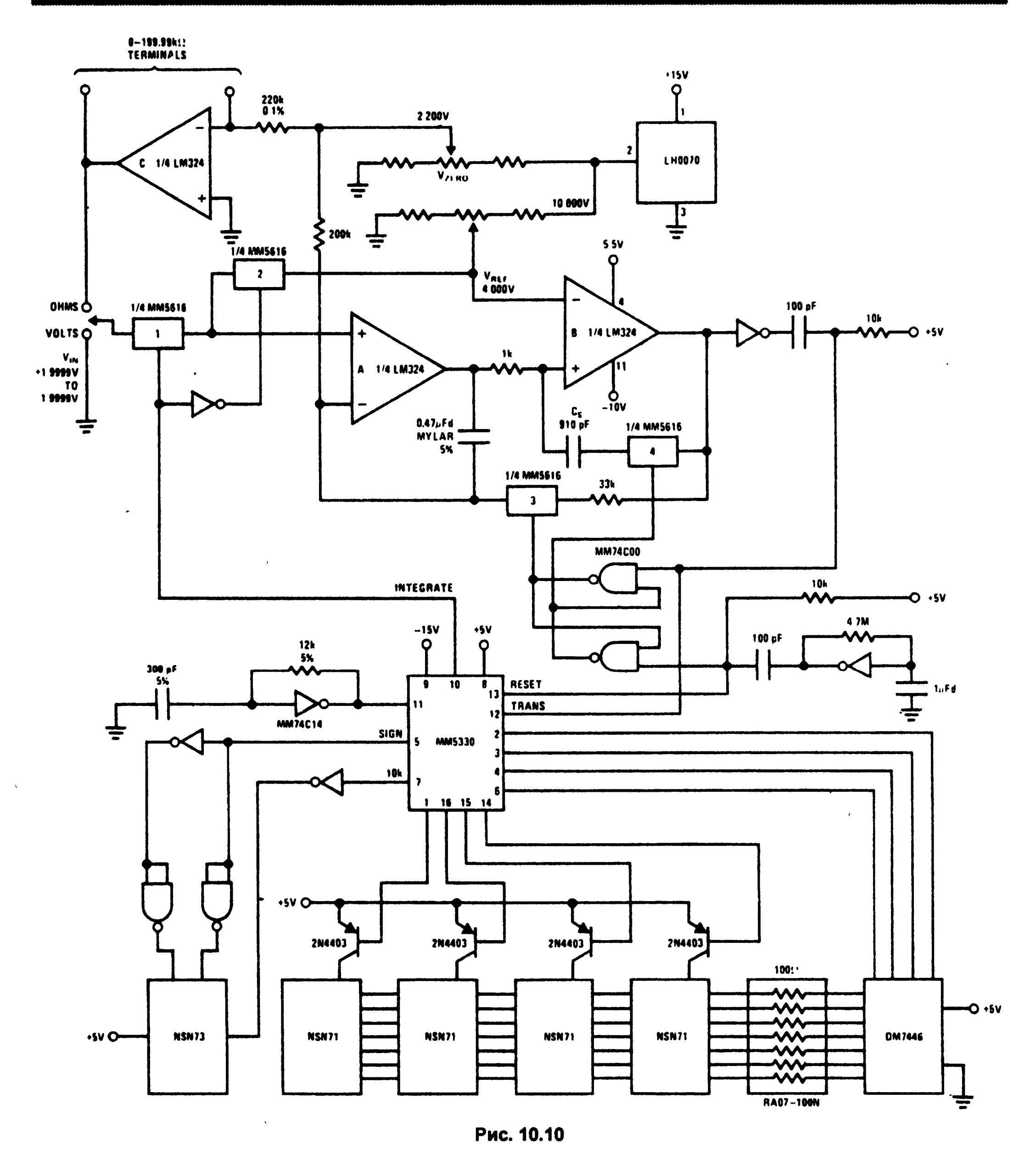


Рис. 10.10

Микросхема MM5330 производства компании National (рис. 10.10) содержит логические схемы для реализации относительно простого и дешевого 5-разрядного вольтомметра. Интерфейс для отображения результатов измерения состоит из 7-сегментного дешифратора с усилителями DM7446 и 4 транзисторов типа 2N4403. Функционирование прибора основано на подсчете до 80000 синхроимпульсов. Схема с помощью светодиодного индикатора обеспечивает формирование знака, плюса или минуса, а также цифровую индикацию от 1 до 10000 при предельном значении индикатора ±19,999 с десятичной точкой.

10.11. Схема для измерения абсолютного значения напряжения

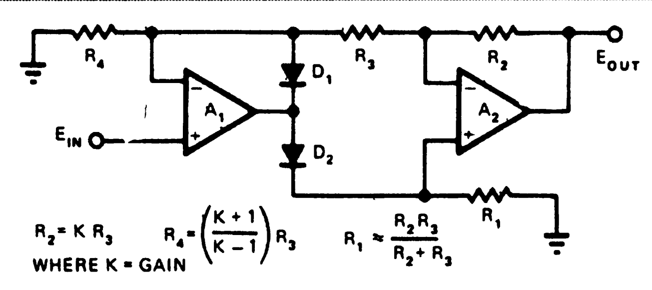


Рис. 10.11

Определенный уровень выходного сигнала E_{OUT} (рис. 10.11) пропорционален абсолютной величине входного уровня напряжения, несмотря на полярность сигнала на входе E_{IN}. Схема имеет высокое входное и низкое выходное сопротивления, а также коэффициент усиления более 1. Операционные усилители A_1 и A_2 должны обладать хорошим коэффициентом подавления синфазной составляющей и незначительным дрейфом напряжения смещения. Диоды D_1 и D_2, используемые в схеме, могут быть типа 1N914. Для достижения коэффициента усиления 2,5 сопротивления резисторов R_1 и R_3 должны быть по 1000 Ом, R_2 — 2500 Ом и R_4 — 2333 Ом. Для коэффициента усиления равного 1 сопротивление резистора R_4 должно быть либо бесконечно велико, либо он может вообще отсутствовать. В качестве резисторов R_2 и R_3 применяют прецизионные резисторы равной величины. Значение резистора R_1 некритично при любом усилении.

10.12. Схема для контроля сетевого напряжения

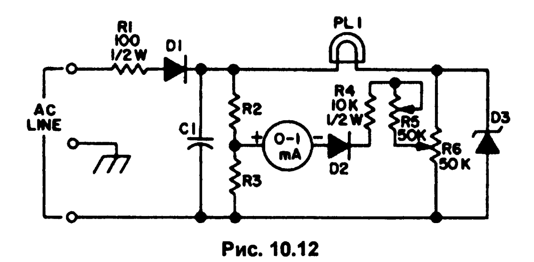


Рис. 10.12

В представленной схеме (рис. 10.12) сетевое напряжение выпрямляется диодом D1 и сглаживается конденсатором С1. Резисторы R2 и R3 образуют делитель напряжения, который подает на положительный вывод аналогового измерительного прибора половину выпрямленного напряжения сети. Постоянное напряжение проходит через индикаторную лампу накаливания PL1 на напряжение 117 В и мощность 3 Вт или эквивалентное сопротивление также от калибровочного потенциометра R6 для низких напряжений, которые ограничивают ток через стабилитрон. Каждое увеличение сетевого напряжения приводит к увеличению напряжения в общей точке резисторов R2 и R3, в то время как напряжение на ползунке потенциометра R6 остается постоянным. Таким образом, мост становится неуравновешенным, и прибор показывает соответствующее значение. Применяется стабилитрон на напряжение 70—100 В при мощности 10 Вт. Сопротивления резисторов R2 и R3 должны быть в диапазоне от 8,2 до 15 кОм, емкость конденсатора С1 — 50—100 мкФ при рабочем напряжении 200 В, а в качестве диодов применяются мощные кремниевые диоды на напряжение 200 В и ток 100 мА.

10.13. Вольтметр на 20 В постоянного тока, выполненный на одном полевом транзисторе

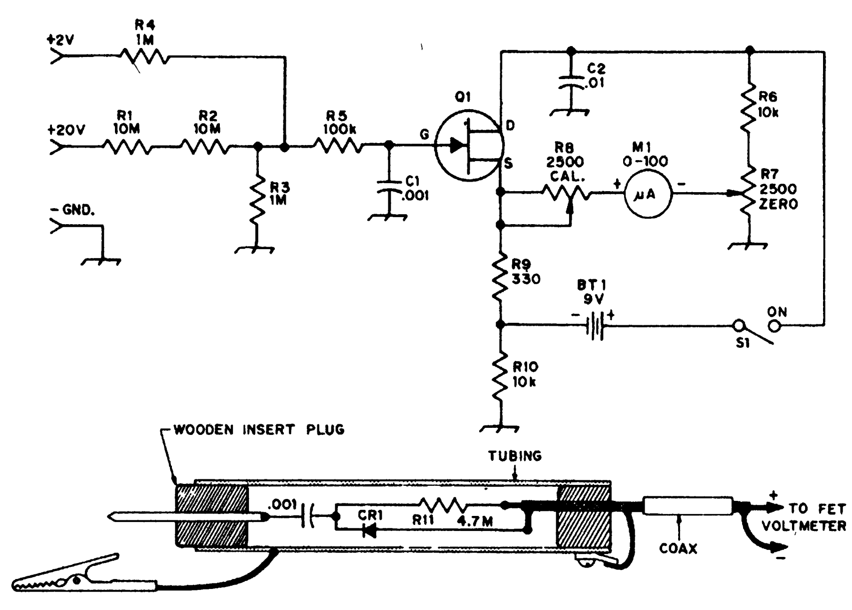


Рис. 10.13

Вольтметр (рис. 10.13) обладает высоким входным сопротивлением, которое необходимо для точных измерений в полупроводниковых схемах. В схеме используется полевой транзистор типа MPF102 производства компании Motorola, транзистор HEP802 или эквивалентный N-канальный полевой транзистор. Если измерительный прибор не может быть установлен на значение "0", то потенциометр R7 нужно заменить на другой, с сопротивлением 10 кОм, чтобы получить больший диапазон для коррекции нуля. Добавленный 2-вольтовый диапазон измерения предоставляет дополнительную гибкость при использовании прибора. Полупериодный высокочастотный измерительный щуп, выполненный на диоде 1N914 или другом эквивалентном высокочастотном переключательном диоде, обеспечивает измерение амплитудного высокочастотного напряжения. Резистор R11 уменьшает амплитудное напряжение до эффективного значения. Щуп подключают к известному источнику с напряжением 10 $В_{эфф}$ и показание прибора калибруется для отображения 10 В.

10.14. Модернизированный ламповый вольтметр на интегральной микросхеме

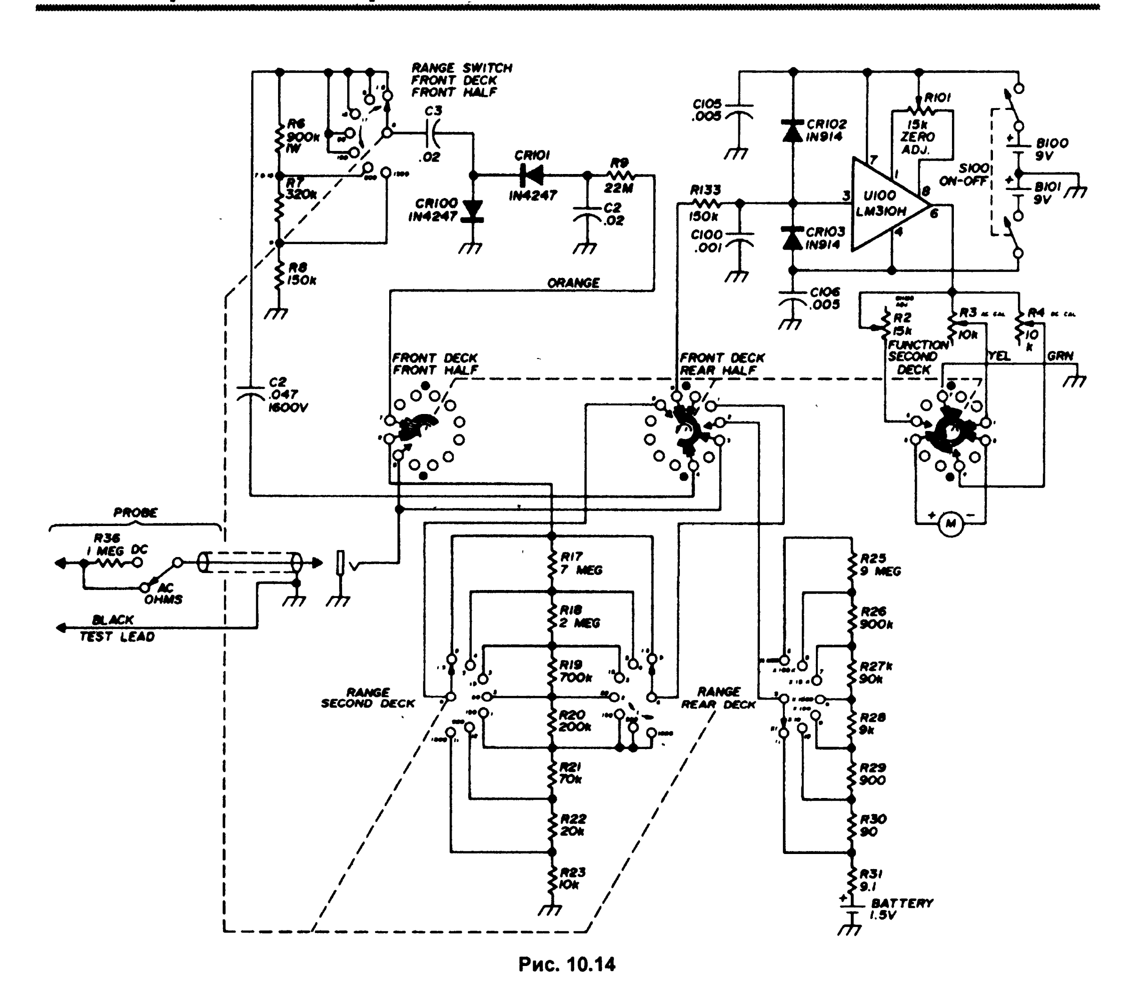


Рис. 10.14

Повторитель напряжения на микросхеме LM310H (рис. 10.14) превращает ламповый вольтметр в вольтметр на интегральной микросхеме. Входное сопротивление и точность измерения на всех диапазонах остаются неизменными. Изменение, которое показано на схеме для прибора Hethkit IM-11, так же касается и других вольтметров. Полупроводниковые диоды CR100 и CR101 заменяют оригинальный ламповый детектор 6AL5, а повторитель напряжения на микросхеме LM310H с единичным коэффициентом усиления и высоким входным сопротивлением заменяет лампу 12AU7. Конденсаторы C105 и C106 включаются параллельно батарее питания и должны непосредственно присоединяться к соответствующим выводам питания микросхемы U100, а именно к выводу 7 и 4. Диоды CR102 и CR103 предназначены для защиты микросхемы от подачи на ее вход больших напряжений.

10.15. Измерительный зонд на светодиоде для большого диапазона напряжений

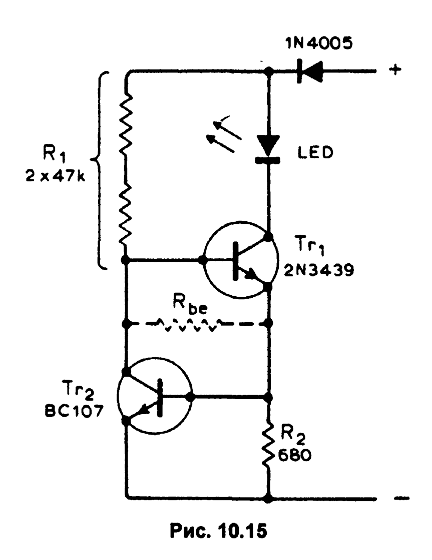


Рис. 10.15

Измерительный зонд (рис. 10.15) показывает наличие напряжения переменного или постоянного тока в диапазоне от 3 до 350 В без переключения диапазонов и с использованием светодиода для индикации. Транзисторы включены по схеме источника стабильного тока для светодиода. Диапазон измерения может быть и повышен до 450 В, если использовать подходящее сопротивление база-эмиттер резистора R_{be}; типичное его значение 60 Ом, причем функционирование зонда при небольших напряжениях в этом случае ухудшается.

10.16. Усилитель с калибруемым усилением

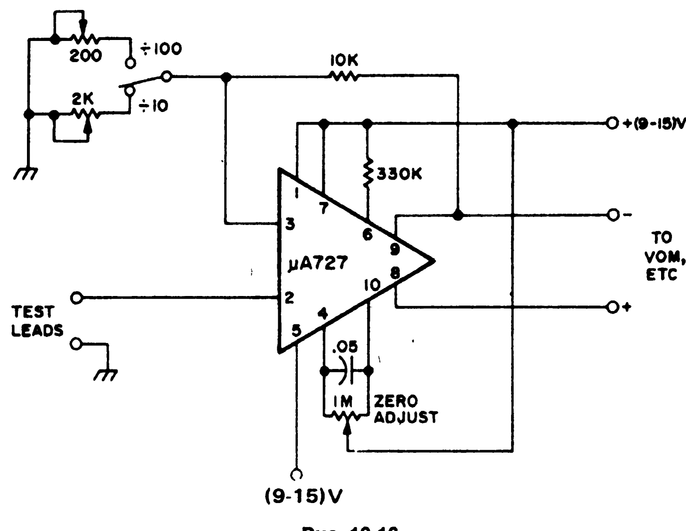


Рис. 10.16

Усилитель (рис. 10.16) используется для расширения небольшого диапазона вольтомметра (VOM) или осциллографа с очень высоким входным сопротивлением (свыше 1000 МОм). Коэффициент усиления усилителя от постоянного тока до нескольких сотен килогерц определяется отношением 10-килоомного сопротивления, установленного в обратной связи усилителя, к сопротивлению 200 или 2000 Ом уравновешивающего потенциометра. Причем полученный результат коэффициента усиления не инвертируется. Максимальный диапазон входного напряжения составляет ±10 В. Источник питания схемы состоит из двух батарей. Для калибровки усилителя замыкается накоротко вход "TEST LEADS" и потенциометр "ZERO ADJUST" с сопротивлением 1 МОм регулируется так, чтобы на шкале вольтметра или другого регистрирующего устройства было нулевое значение.

10.17. Схема для предотвращения перегрузки измерительного прибора

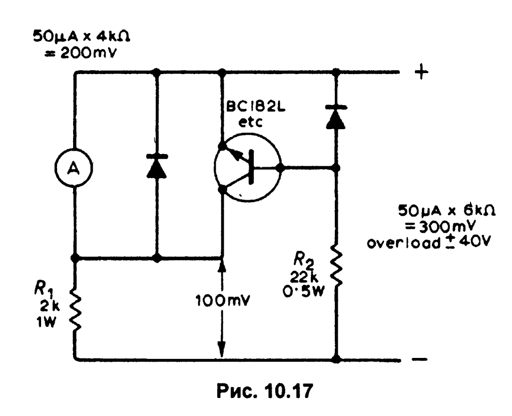


Рис. 10.17

Схема, применяемая вместе со стрелочным измерительным прибором (рис. 10.17), способствует тому, что при перегрузке контролируется движение стрелки прибора в одном или другом направлении при полной амплитуде и обеспечивается мягкий подход стрелки к упору, чтобы исключить ее деформацию. Приведенные на схеме значения элементов используются с большинством измерительных механизмов. Если измеряемое напряжение находится в интервале между 350 и 700 мВ, то в каждой позиции должны применяться не один, а два последовательно включенных диода. Для напряжений между 700 мВ и 1 В нужно применять уже три последовательно включенных диода. Следует заметить, что типы диодов, используемых в схеме, некритичны.

10.18. Вольтметр для пиковых значений напряжения

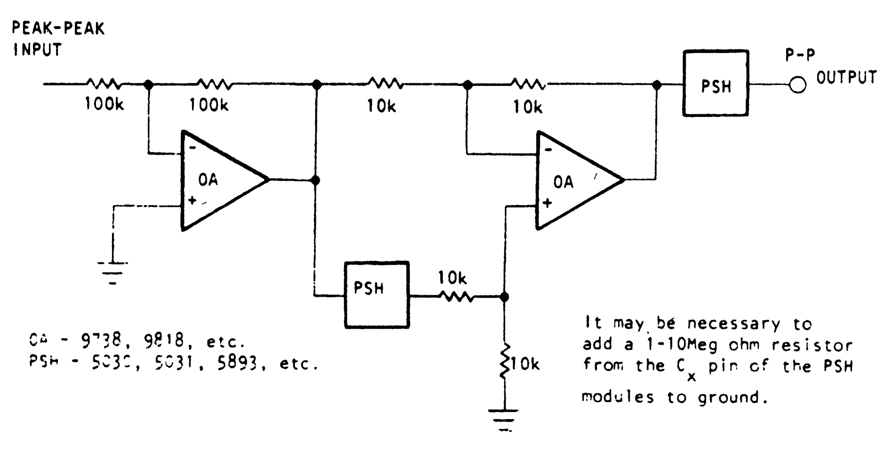


Рис. 10.18

Два операционных усилителя производства компании Optical Electronics и два модуля сохранения пикового значения PSH образуют схему (рис. 10.18) для сохранения положительного пикового значения, в которой отрицательные пиковые амплитуды складываются в общий сигнал, таким образом, как если бы отрицательные пики были равны "0". Сигнал на входе схемы должен ограничиваться на уровне ±5 В полной амплитуды (10 В). Сигнал на выходе схемы составляет 0 В при –5-вольтовом входном сигнале и +10 В для +5-вольтового входного сигнала. Несимметричные сигналы, например, +2 и –8 В дают также +10 В на выходе.

10.19. Детектор для истинного действующего значения напряжения

NOTE 1 ALL OPERATIONAL AMPLIFIERS ARE LM118
NOTE 2 ALL RESISTORS ARE 1% UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
NOTE 3 ALL DIODES ARE 1N914
NOTE 4 SUPPLY VOLTAGE ±15V

Рис. 10.19

Схема (рис. 10.19), в которой используются операционные усилители LM118 компании National, обеспечивает на выходе напряжение постоянного тока, которое является действующем значением входного сигнала синусоидальной, треугольной, прямоугольной или другой волнообразной формы с точностью 2 % для входного сигнала с амплитудой 20 В и частотой от 50 Гц до 100 кГц. Непосредственное подключение сигнала с входом схемы (без разделительного конденсатора) обеспечивает на выходе истинное действующее значение комбинированного входного сигнала из напряжений переменного и постоянного тока. Усилитель A_1 для абсолютных значений обеспечивает положительный входной ток для ОУ А2 и А4, независимо от полярности сигнала. Усилители А2—А5 и транзисторы Q1—Q4 образуют логарифмический умножитель/делитель. Для калибровки детектора на вход подается 10-вольтовый сигнал и потенциометром R10 устанавливается на выходе напряжение 10 В. Транзисторы схемы должны подбираться попарно и устанавливаться, по возможности, на общем радиаторе.

10.20. Вольтметр постоянного тока

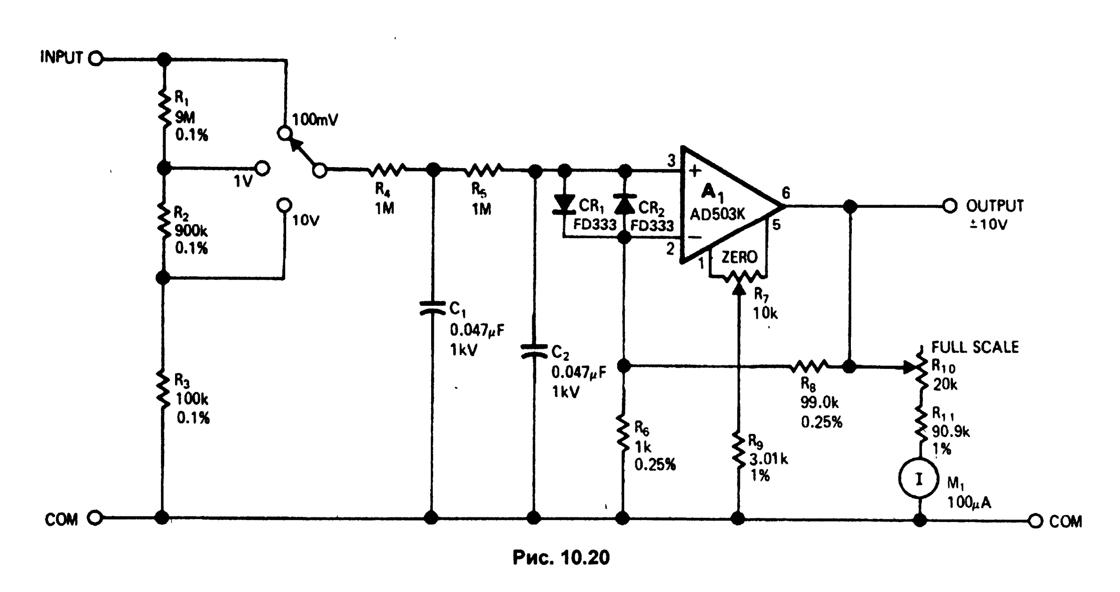


Рис. 10.20

Операционный усилитель A_1, включенный в схему с коэффициентом усиления 100, образует вместе с делителем и микроамперметром на 100 мкА многодиапазонный универсальный вольтметр для лаборатории (рис. 10.20). Дополнительный выход "OUTPUT ±10V" с амплитудным значением напряжения ±10 В может использоваться для входа X/Y-самописца. Фильтр нижних частот, выполненный на резисторах R_4—R_5 и конденсаторах C_1—C_2, препятствует насыщению усилителя большими сигналами переменного тока, в то время как постоянная составляющая входного тока должна регистрироваться. Фильтр вместе с диодами CR_1 и CR_2 защищает усилитель от перегрузки на входе вплоть до 1000 В.

10.21. Милливольтметр на интегральной микросхеме

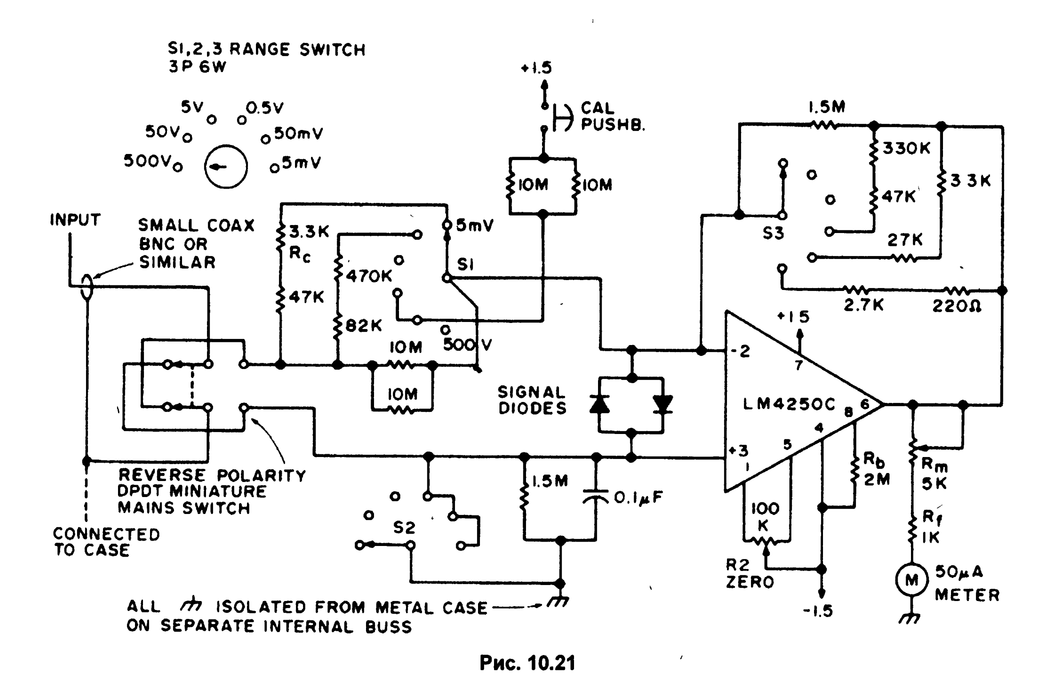


Рис. 10.21

Представленный на рис. 10.21 милливольтметр имеет 6 диапазонов и может измерять напряжения от 5 мВ до 500 В. В схеме применяются резисторы с отклонением сопротивлений 2 %. Подключение к положительному напряжению питания с помощью кнопочного выключателя "CAL PUSHB." предназначено для внутреннего тестирования и калибровке прибора в двух диапазонах: 5 и 50 В. Первоначальная калибровка схемы осуществляется с помощью потенциометра R_m так, что в 5-вольтовом диапазоне прибор на самом деле показывает 1,4 В. Два диода, подключенные встречно-параллельно, защищают входы интегральной микросхемы от перегрузки. Потребность милливольтметра в электроэнергии настолько мала, что практически не влияет на срок службы батарей.

10.22. Схема для измерения истинного действующего значения напряжения с амплитудой 2–10 В и частотой 600 кГц

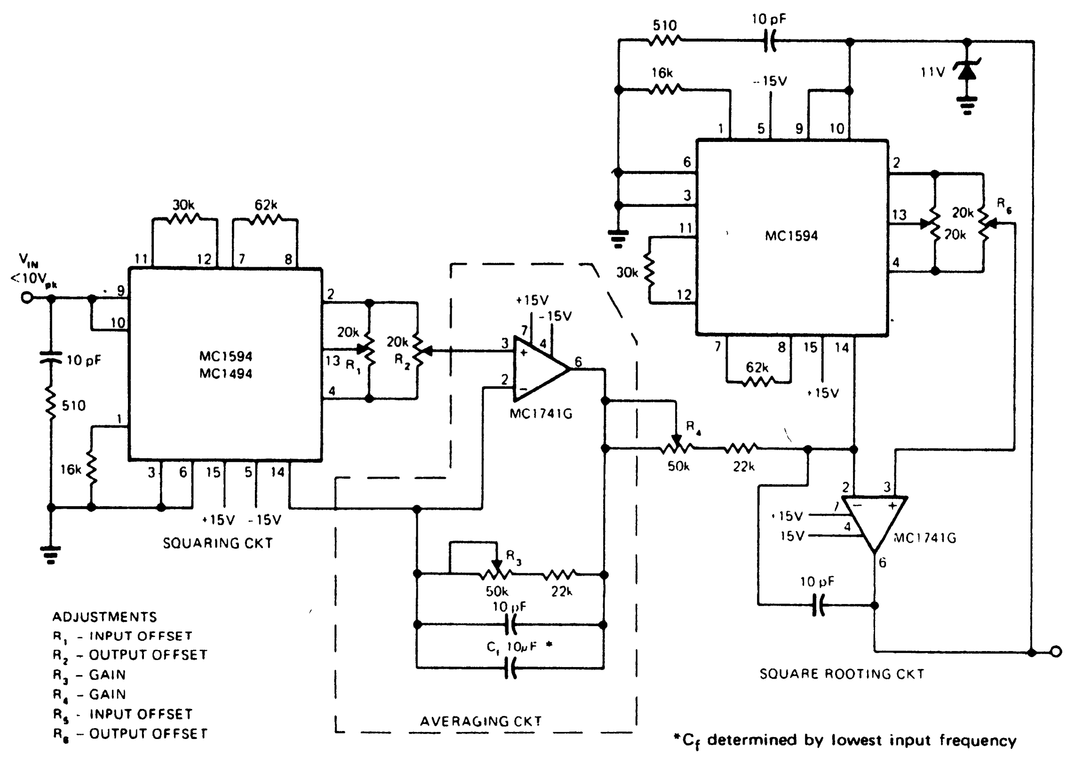


Рис. 10.22

Напряжение входного сигнала волновой формы возводится во вторую степень посредством первого умножителя, выполненного на микросхеме MC1594 производства компании Motorola (рис. 10.22), и затем его выходной ток преобразовывается операционным усилителем в напряжение. Это напряжение поступает на вход второго умножителя, который имеет конденсатор в цепи обратной связи, чтобы выделять среднее значение. Второй операционный усилитель вместе со вторым умножителем, включенным в цепь его обратный связи, используется для того, чтобы реализовать функцию извлечения квадратного корня, выполнение которой необходимо для получения истинного действующего значения входного напряжения. Точность измерения схемы находится в пределах 1 % от диапазона входного напряжения.

10.23. Схема для измерения пиковых значений напряжения переменного тока

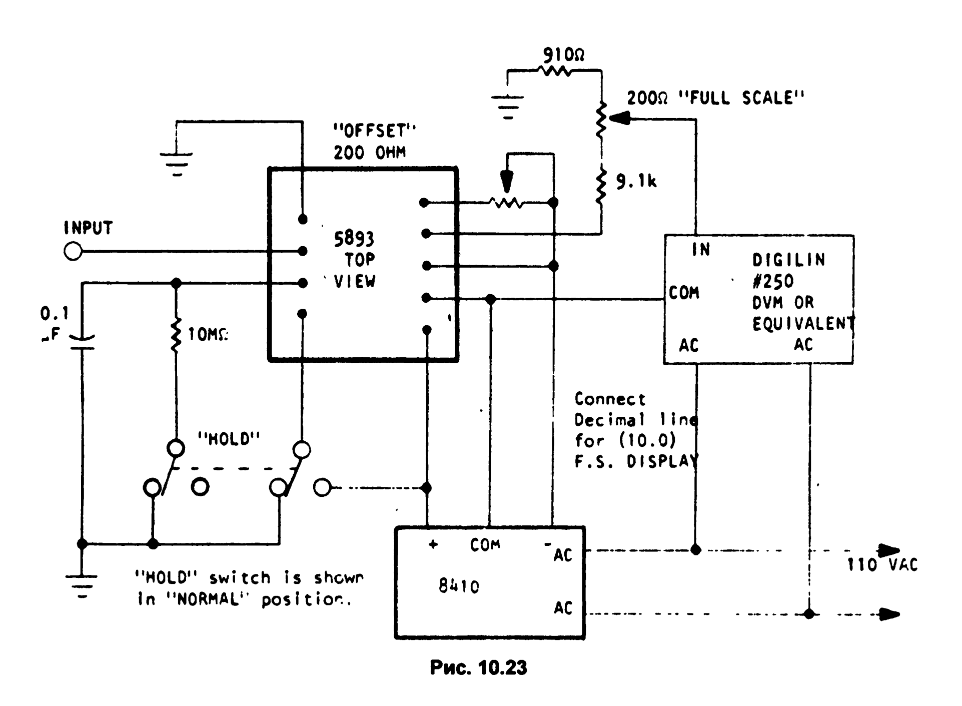


Рис. 10.23

Модуль регистрации пиковых значений и модуль памяти микросхемы 5893 производства компании Optical Electronics (рис. 10.23) регистрирует пиковые значения напряжений сигналов переменного тока на входе и формирует на выходе сглаженное постоянное напряжение, которое далее подается на 3-разрядный цифровой вольтметр. Выходное напряжение микросхемы 5893 с помощью резистивного делителя делится на 10 для получения на входе цифрового вольтметра напряжения 1 В при подаче на вход "INPUT" схемы предельного измеряемого напряжения, равного 10 В. Внешний конденсатор емкостью 0,1 мкФ вместе с параллельно подключенным резистором сопротивлением 10 МОм предназначены для формирования временной задержки, которая необходима для стабильного отображения цифрового вольтметра. Время реагирования прибора составляет 4 сек при изменении входного напряжения от 10 до 0 В и меньше чем 1 сек при возрастании от 0 до 10 В. Рабочая полоса частот представленной схемы находится между 20 Гц и 2 МГц. С помощью переключателя "HOLD" индикация измеренного значения может фиксироваться в течение нескольких минут.

10.24. Схема выпрямителя с дифференциальным входом и с отрицательным выходом

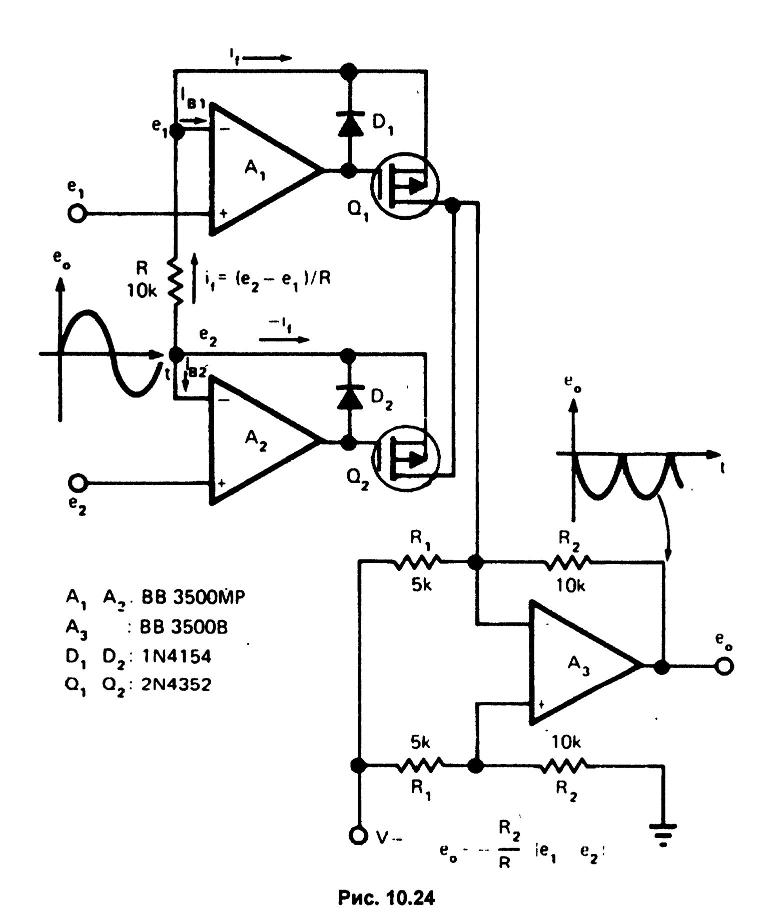


Рис. 10.24

Схема выпрямителя (рис. 10.24) состоит из управляемого током выпрямителя A_1—A_2 с дифференциальным входом и преобразователя "ток-напряжение" со сдвигом уровня A_3. Одна токовая обратная связь с соответствующей полярностью подается на выходной операционный усилитель, а другая — поглощается. Возможные недостатки схемы — коммутационное смещение и ограничение диапазона частот, которые присутствуют в прецизионном выпрямителе.

10.25. Схема для измерения максимальных и минимальных значений сигналов волнообразной формы

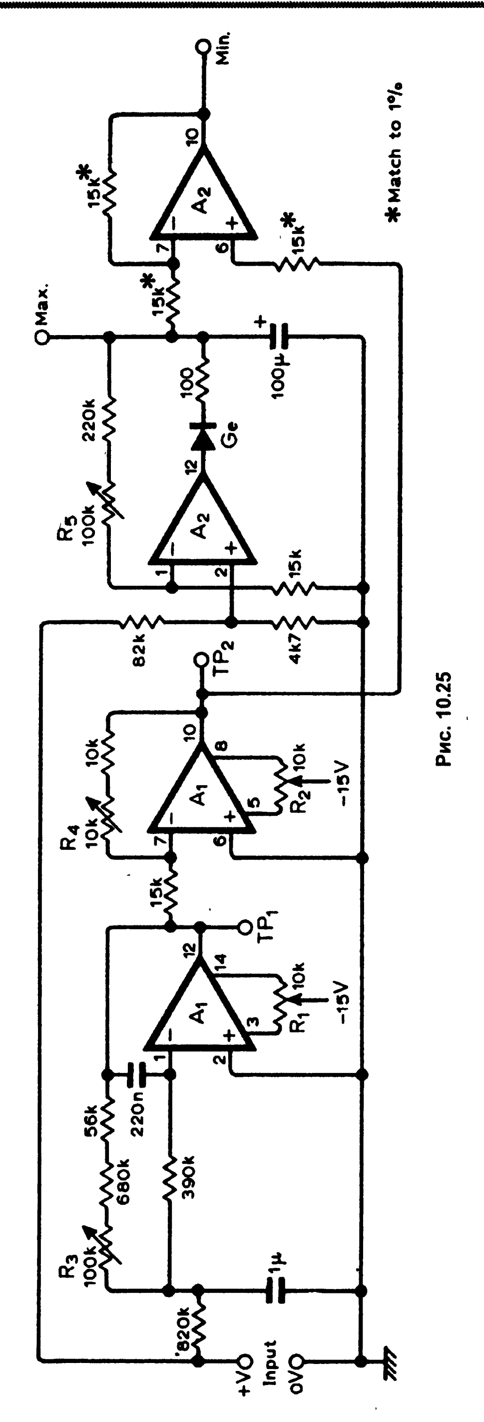


Рис. 10.25

Схема (рис. 10.25) применяется в системах регистрации данных для измерения предельных значений сигналов волнообразной формы. Для реализации схемы необходимо две интегральные микросхемы LM747CN (сдвоенный операционный усилитель 741). Измерения проводятся с помощью обычного вольтметра постоянного тока, подключаемого к выводам схемы "Max" и "Min". Входной сигнал подается на прецизионный пиковый детектор A_2. Тот же сигнал идет к активному фильтру нижних частот и инвертирующему операционному усилителю A_1, сигнал на выходе которого в точке TP_2 имеет среднее значение. Дифференциальный усилитель A_2 вычитает максимальное из среднего значения, чтобы получать на выходе "Min" сигнал минимальной величины. При настройке схемы вход "Input" замыкается накоротко и с помощью потенциометра R_1 в точке TP_1 устанавливается напряжение 0 В, а с помощью потенциометра R_2 в точке TP_2 также 0 В. После этого на вход подается напряжение +5 В и с помощью потенциометра R_3 в точке TP_1 настраивают напряжение +5 В, потенциометром R_4 в точке TP_2 напряжение –5 В и потенциометром R_5 +5 В на выходе "Max".

10.26. Схема настраиваемого вольтметра

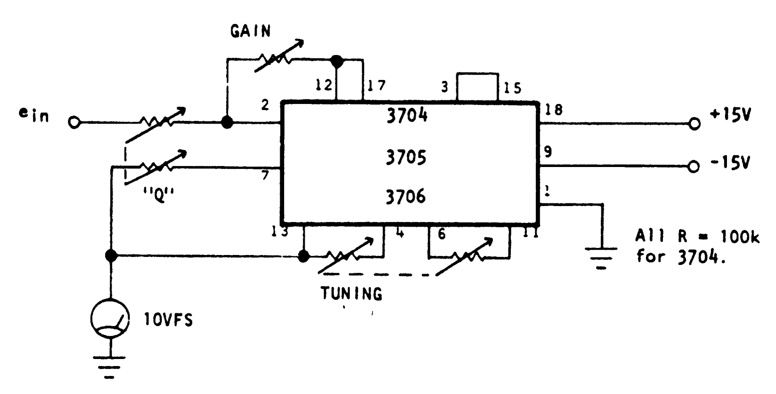


Рис. 10.26

Активные фильтры компании Optical Electronics типа 3704 с частотой среза до 6 кГц, или типа 3705 с частотой среза до 50 кГц, или типа 3706 с частотой среза до 500 кГц обеспечивают точный коэффициент усиления, высокое входное сопротивление и разделение, чтобы измерять напряжения переменного тока на специфических частотах. Схема (рис. 10.26) имеет входное сопротивление равное 100 кОм и обеспечивает ток до 10 мА для управления измерительным механизмом. Активный фильтр на интегральной микросхеме позволяет независимо юстировать усиление "GAIN" (коэффициент масштабирования или чувствительность), настройку "TUNING" и избирательность "Q".

10.27. Схема выпрямителя с дифференциальным входом и высоким входным сопротивлением

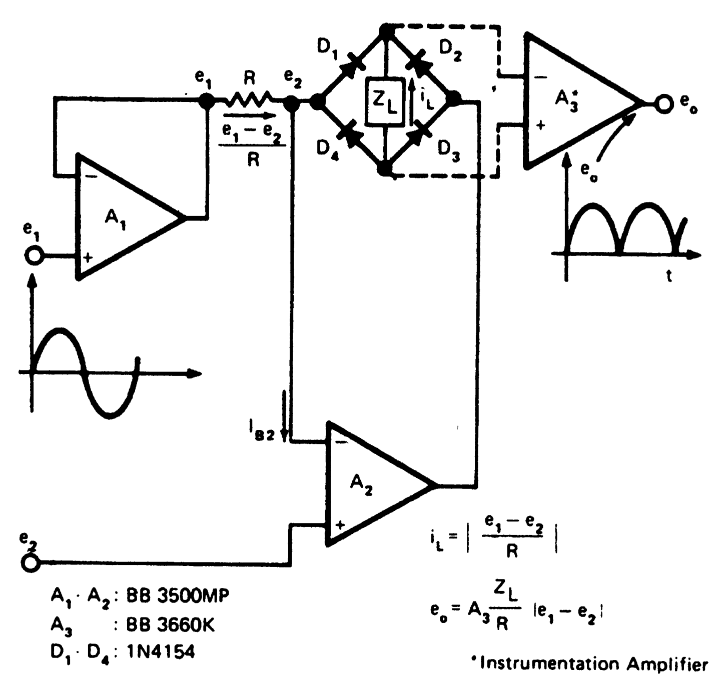


Рис. 10.27

Высокое входное сопротивление обоих входов дифференциального высокоточного выпрямителя (рис. 10.27) обеспечивается двумя операционными усилителями, которые формируют токовый выходной сигнал, преобразуемый далее измерительным усилителем A_2 в напряжение. Диодный мост в цепи обратной связи операционного усилителя A_2 обеспечивает выпрямление входного сигнала при верном определении падения напряжения на резисторе R. Схема позволяет выполнить точное измерение переменных напряжений при помощи вольтметра постоянного тока в диапазоне от милливольт до вольт.

10.28. Вольтметр постоянного тока на операционном усилителе

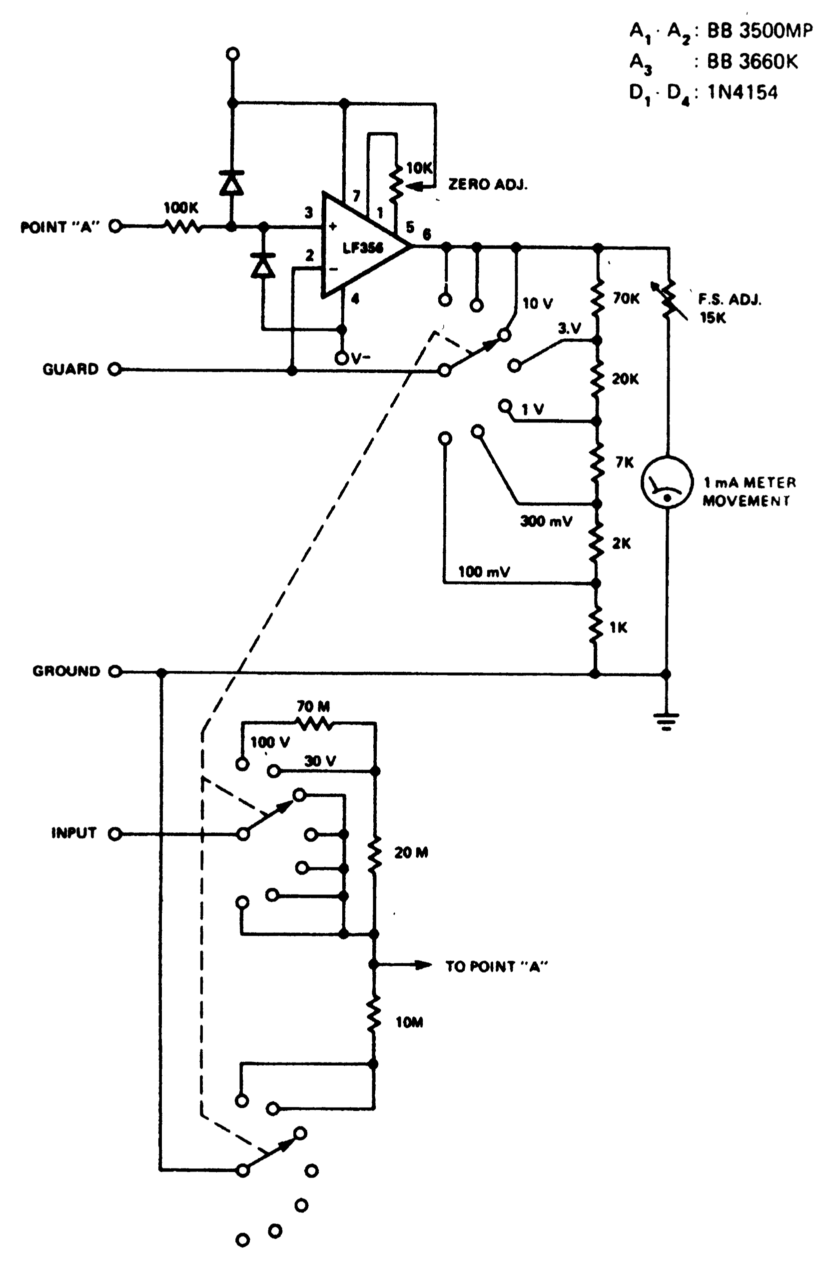


Рис. 10.28

В схеме вольтметра (рис. 10.28) для обеспечения высокого входного сопротивления используется неинвертирующий операционный усилитель типа LF356, а для защиты от перенапряжения — диоды. На максимальном диапазоне с входным напряжением равным 100 В входное сопротивление вольтметра составляет 100 МОм.

10.29. Милливольтметр переменного тока

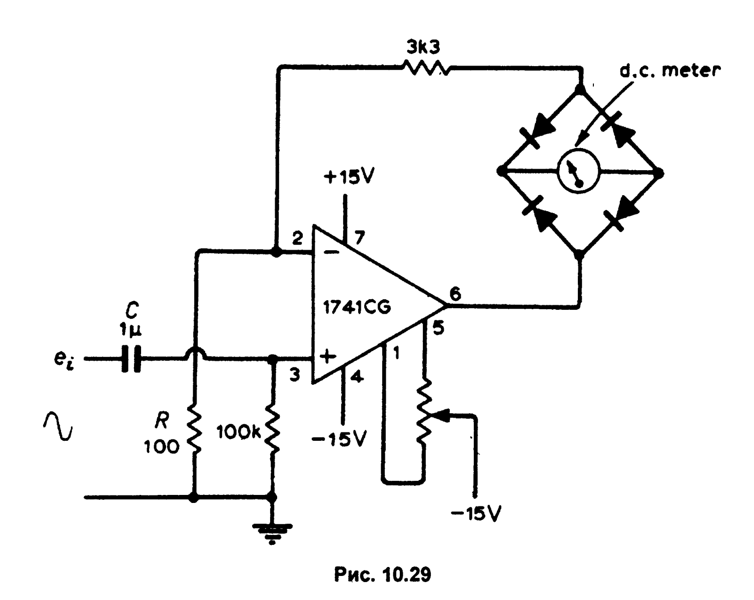


Рис. 10.29

Диодный мост и операционный усилитель образуют схему для измерения напряжения переменного тока (рис. 10.29), которое настолько мало, что оно находится в нелинейном диапазоне диодов.

10.30. Схема ВЧ-пробника, показывающего пиковые значения напряжения на вольтметре постоянного тока

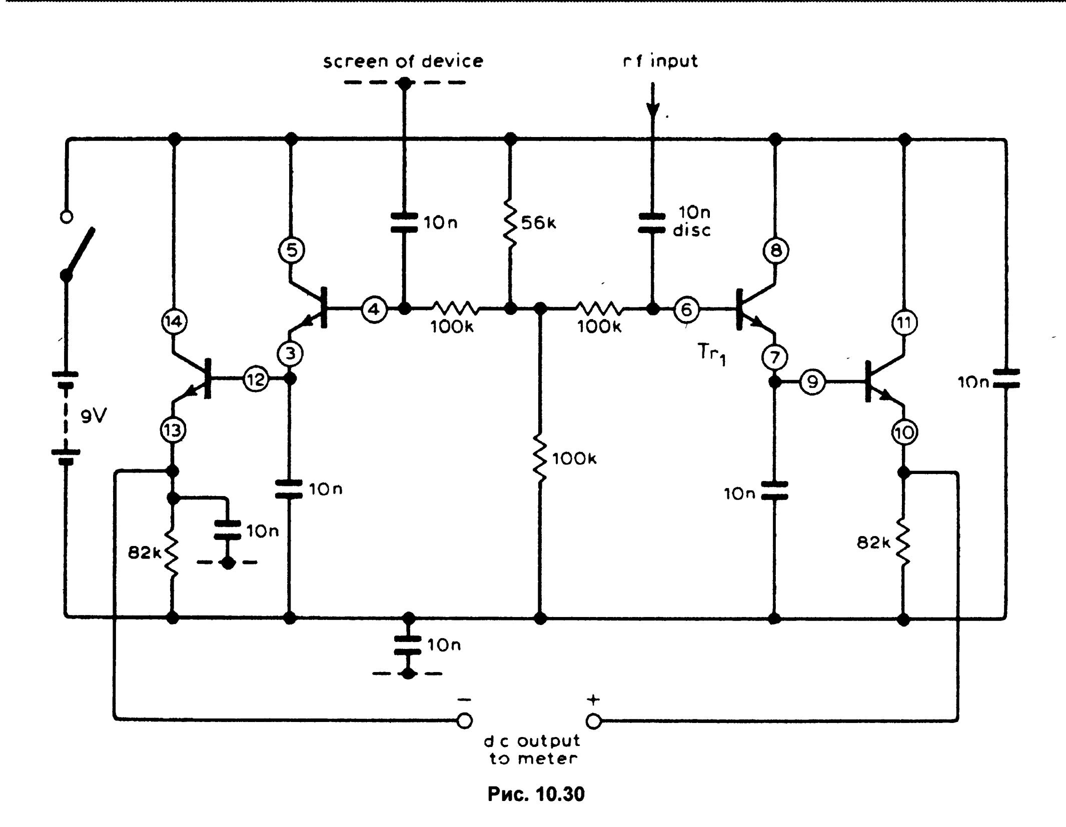


Рис. 10.30

Представленная схема (рис. 10.30) превращает пиковые значения высокой частоты с напряжением от 1 мВ до 4 В и частотой вплоть до 100 МГц в пропорциональное напряжение постоянного тока, которое может подаваться на многодиапазонный вольтметр постоянного тока. В устройстве применяются интегральная микросхема CA3046, подключенная как две симметричные пары Дарлингтона. Схема должна устанавливаться в маленький защищенный корпус с коротким измерительным наконечником и без панельки ИС. Стабильность температуры у данного устройства просто превосходна. В данной схеме регулировка смещения постоянной составляющей не требуется.

10.31. Схема 10-диапазонного вольтметра постоянного тока

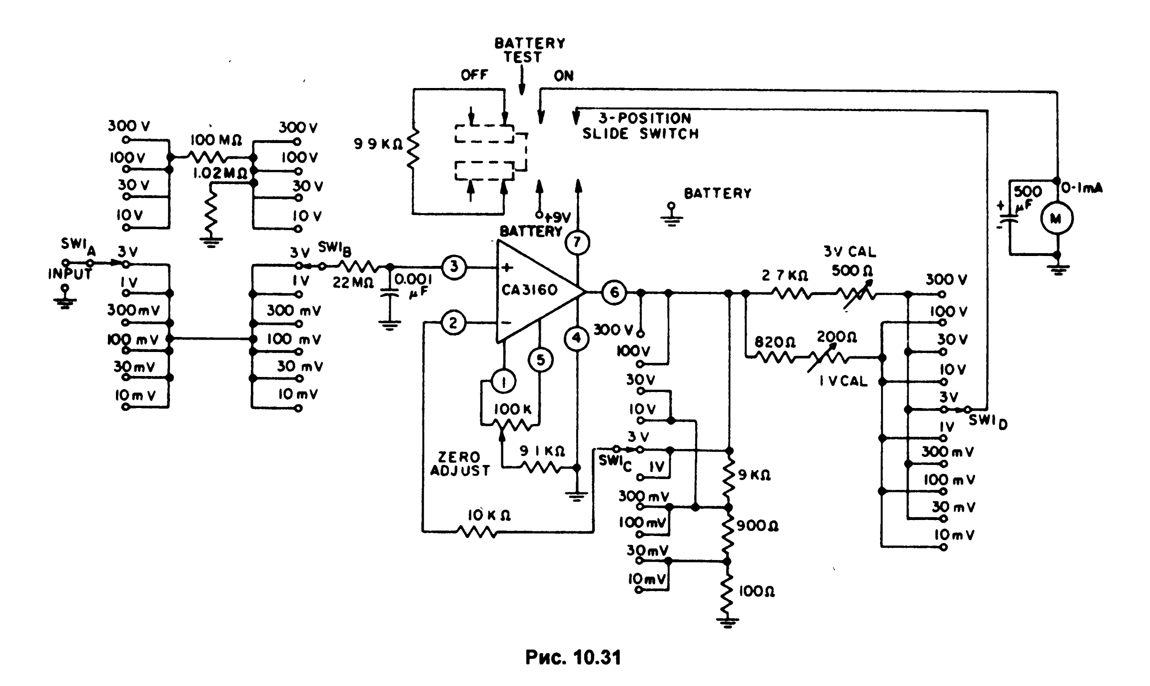


Рис. 10.31

Переключатель диапазонов SW_1 (рис. 10.31), включенный на входе операционного усилителя на МОП-элементах, а также подсоединенный на его выходе, подключен так, чтобы обеспечить соответствующее выходное напряжение для отрицательной обратной связи на вывод 2 микросхемы через токоограничительный резистор с сопротивлением 10 кОм. Схема питается от ртутной батареи с напряжением 8,4 В и потребляет ток 500 мкА плюс ток для измерительного механизма. Полный ток потребления составляет примерно 1,5 мА.

10.32. Электрометр на операционном усилителе

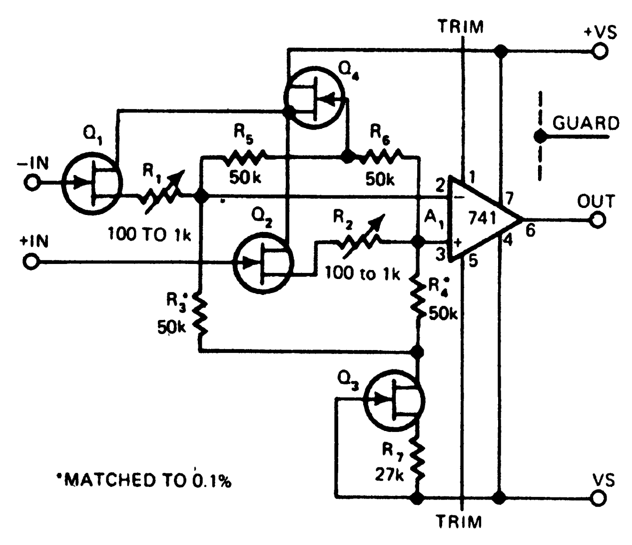


Рис. 10.32

При использовании на входе схемы (рис. 10.32) полевых транзисторов ток смещения удерживается на уровне ниже 20 фемтоампер при входном сопротивлении для синфазной составляющей от 10^{15} Ом. В электрометре используется сдвоенный полевой транзистор Q_1—Q_2 типа AD832 производства компании Analog Devices в схеме повторителя истока с дешевым универсальным сдвоенным полевым транзистором типа AD3958, который производит рабочий ток и способствует обратной связи для автоматического регулирования транзисторов Q_1—Q_2.

10.33. Схема для измерения абсолютного значения напряжения

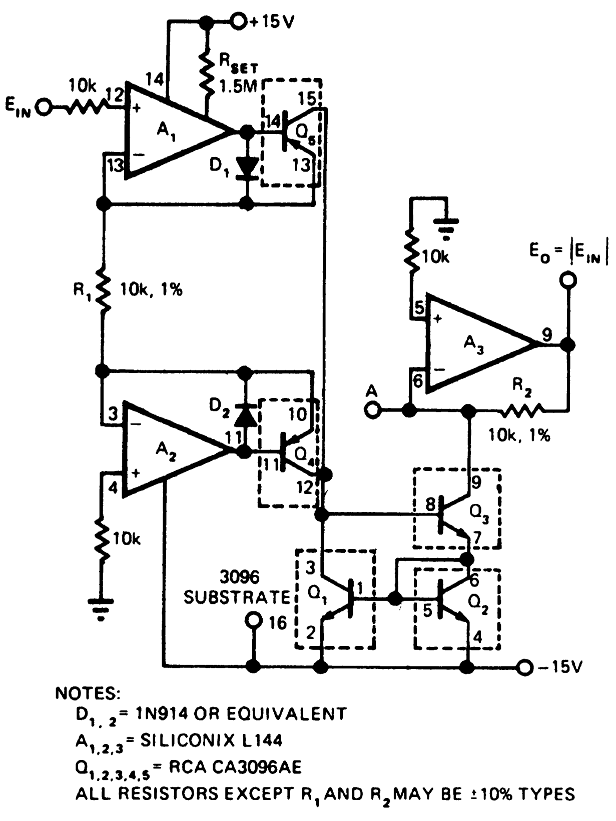


Рис. 10.33

Операционные усилители A_1 и A_2 схемы (рис. 10.33), взаимодействуя вместе с *p-n-p*-транзисторами, образуют выпрямитель с токовым выходом. Преобразователь "ток-напряжение", выполненный на операционном усилителе A_3, для масштабирования использует резистор R_2. Диапазон входного напряжения определяется синфазными значениями напряжения, используемого операционного усилителя, и характеристиками пробоя составляющих элементов схемы. Приведенная схема может применяться для измерения постоянного напряжения входного сигнала, изменяющегося в диапазоне ±10 В.

10.34. Вольтметр со звуковой индикацией

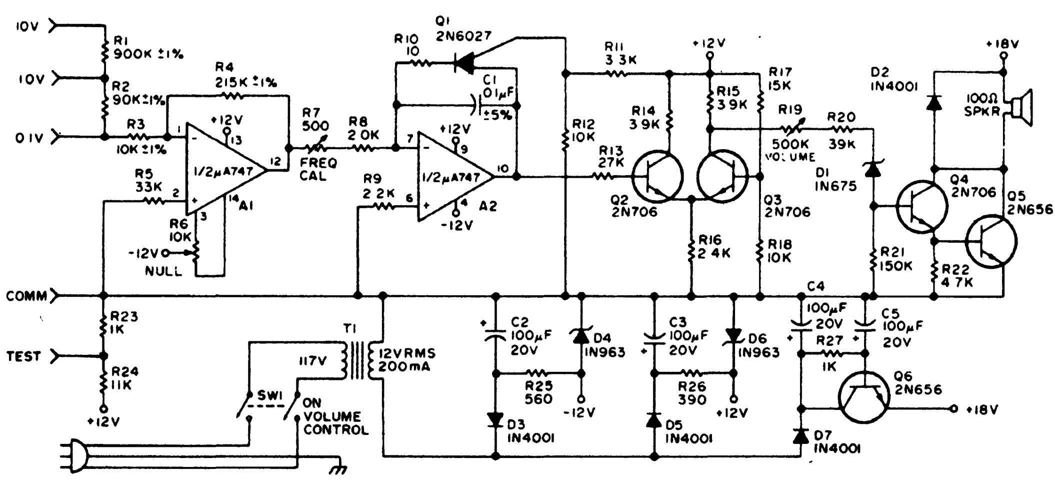


Рис. 10.34

Прибор представляет собой низкочастотный генератор управляемый напряжением (рис. 10.34), который предназначен для грубого измерения напряжения вплоть до 10 В и позволяет пользователю при диагностике различных электронных устройств не смотреть на него во время измерения. Вольтметр обладает неплохим входным сопротивлением — 100 кОм/В. Отдельные входные гнезда прибора, имеющего три диапазона: 0,1; 1,0 и 10 В, подключены к делителю напряжения и позволяют измерять максимальные напряжения, соответствующие своему диапазону. Так при измерении напряжения на выходе вольтметра будет воспроизводиться один и тот же 1000-герцевый тон, если на входе присутствует напряжение, равное предельному значению для данного диапазона. При меньших значениях измеряемого напряжения на выходе схемы будет генерироваться соответствующий более низкий звуковой сигнал.

14 Зак. 1033

10.35. Цифровой вольтметр на интегральной схеме со стрелочным измерительным прибором

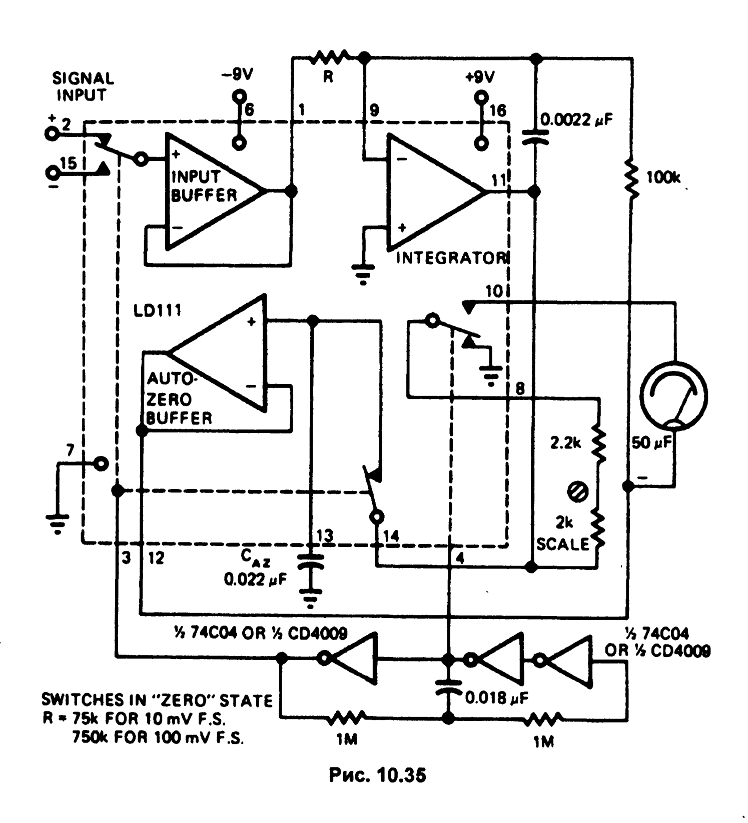


Рис. 10.35

Аналоговая часть устройства обработки на микросхеме Siliconix LD111 используется для цифрового вольтметра (рис. 10.35), чтобы согласовать желаемые функции цифрового вольтметра со средним значением формирующей функции измерительного механизма. Гарантированная область измеряемого входного сигнала прибора находится в пределах от 10 мВ до 3 В, а вот при необходимости использования больших входных напряжений на входе схемы нужно применить делитель напряжения. Любой дифференциальный вход схемы имеет высокое входное сопротивление, измеряемое гигаомами. Для питания схемы требуется источник, состоящий всего лишь из двух батарей с напряжением 9 В.

10.36. Индикация полярности напряжения для цифрового вольтметра

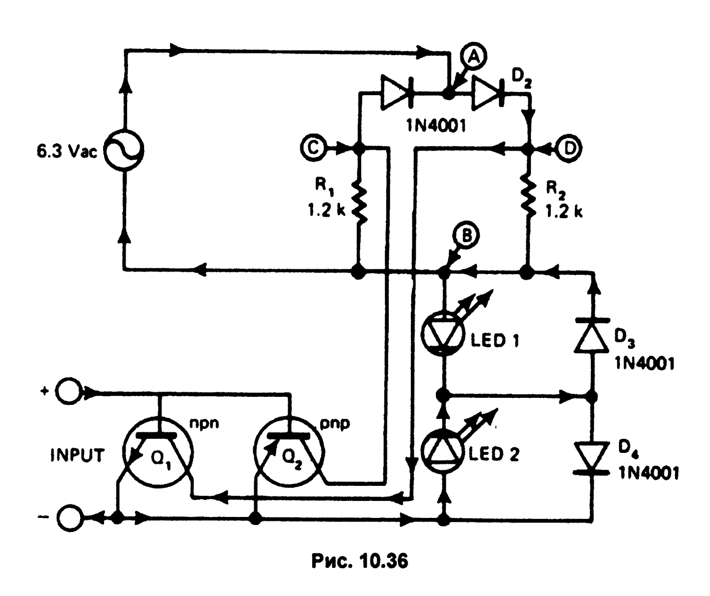


Рис. 10.36

Схема индикации полярности напряжения (рис. 10.36) спроектирована для использования с дешевым цифровым вольтметром. С приведенной полярностью сигнала на входе "INPUT" стрелки, показанные на схеме, указывают направление электрического тока. Если открыт *n-p-n*-транзистор Q_1, то светится светодиод LED2, а если открыт *p-n-p*-транзистор Q_2, то светодиод LED1. Транзисторы Q_1—Q_2 потребляют очень маленький ток, таким образом, их выбор некритичен. С наличием сетевого напряжения в лаборатории, как правило, нет проблем. Однако можно обойтись и без него, применив напряжение от маленького трансформатора, который гальванически развяжет источник от потребителя, и подавая на него внутренние тактовые импульсы цифрового вольтметра. Точки "A", "B", "C" и "D" обозначают выводы мостовой выпрямительной схемы.

10.37. Цифровой вольтметр постоянного тока для диапазона 0–2 В

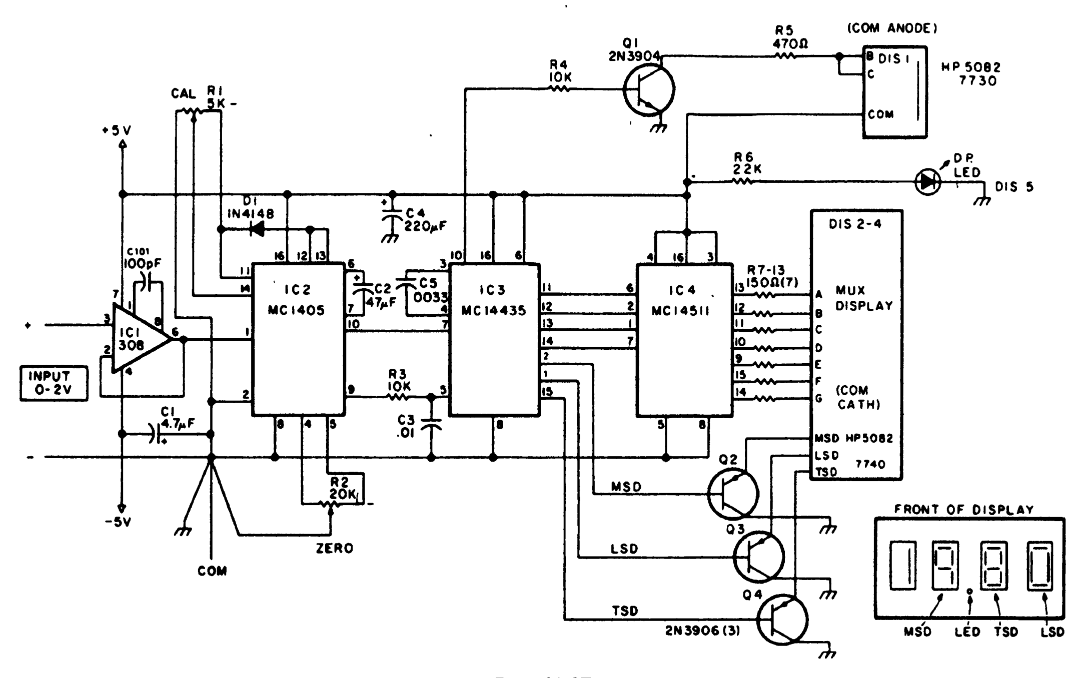


Рис. 10.37

В схеме (рис. 10.37) используются три специализированные микросхемы для цифрового вольтметра, операционный усилитель на входе с 10-мегаомным входным сопротивлением и мультиплексный цифровой индикатор HP5082 со светодиодом для отображения десятичной точки. Для показа отрицательного напряжения входные провода должны меняться местами. *Внимание, на приведенной схеме имеются две ошибки*: верхний вывод конденсатора C3 должен идти к выводу 9 микросхемы IC2, а выводы 1 и 2 этой же микросхемы нужно поменять местами.

10.38. Схема индикации нулевого напряжения

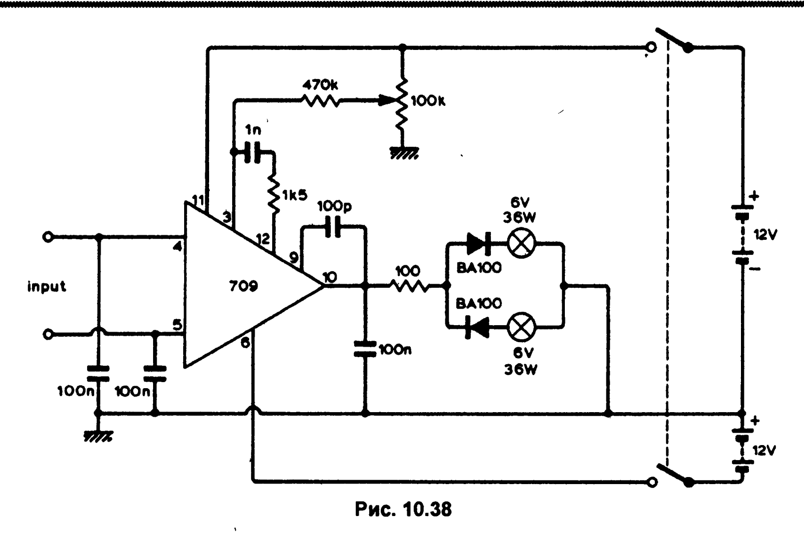


Рис. 10.38

Операционный усилитель в данной схеме (рис. 10.38) используется без обратной связи, так что его переключение происходит при изменении полярности сигнала всего лишь на 1 мВ. Переключение усилителя индицируется с помощью одной из ламп накаливания. При нулевом напряжении на входе обе лампы не горят. Если вместо ламп используются светодиоды, то диоды, включенные последовательно с лампами устанавливать не требуется, а эквивалентное последовательное сопротивление необходимо подобрать из расчета полной яркости свечения светодиодов.

10.39. Прецизионный выпрямитель входного сигнала

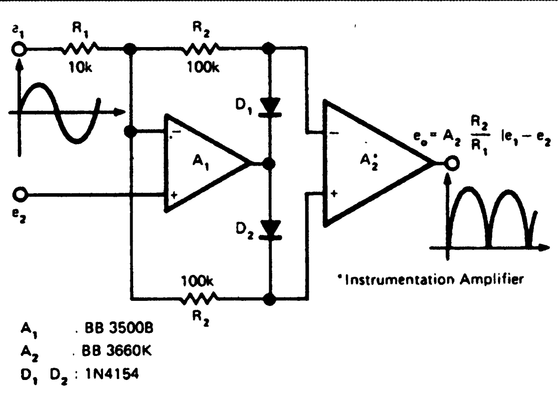


Рис. 10.39

Высокого входного сопротивления дифференциальных входов прецизионного выпрямителя достигают с помощью использования операционного усилителя A_1. Выход этого усилителя подключается через диоды D_1 и D_2 к прямому и инверсному входам измерительного усилителя, выполненного на операционном усилителе A_2. Такое подключение всякий раз при поступлении на вход схемы отрицательной полуволны входного сигнала обеспечивает изменение полярности сигнала на выходе усилителя A_2. Таким образом, полярность выходного сигнала схемы всегда остается положительной.

10.40. Компьютеризованный 8-канальный 4-разрядный цифровой вольтметр

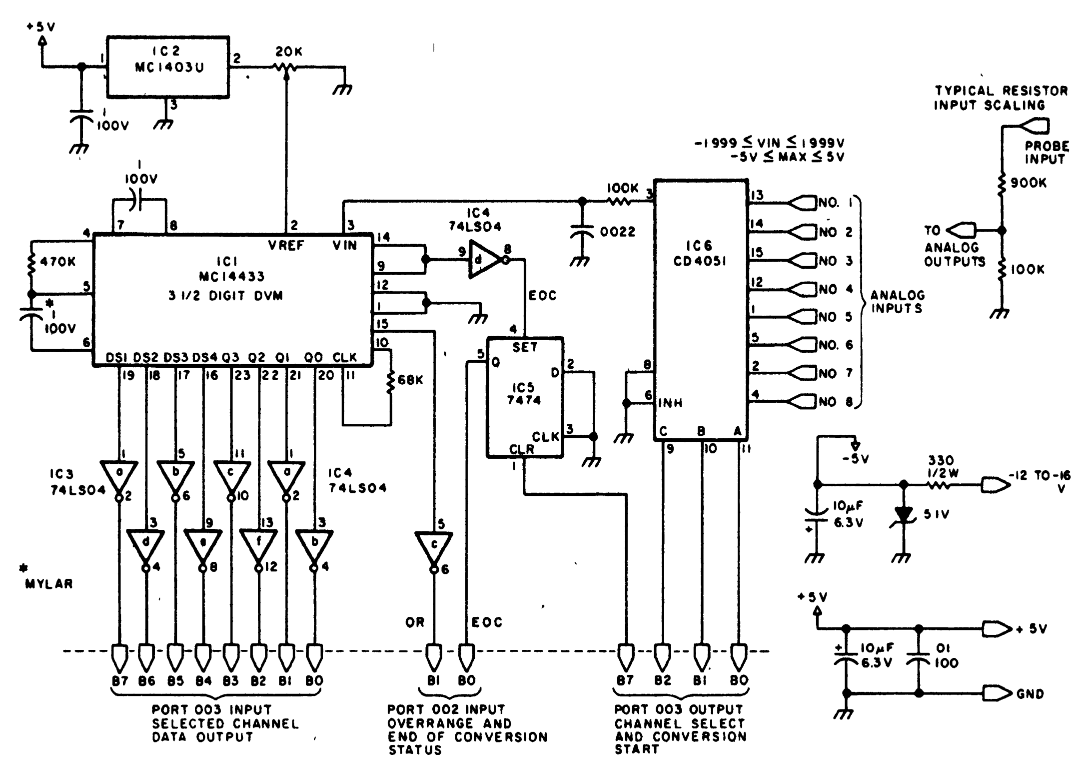


Рис. 10.40

Представленный цифровой вольтметр (рис. 10.40) с микропроцессорным компьютерным управлением при помощи программы Basic (Бейсик) способен показать до 8 различных напряжений постоянного тока на мониторе компьютера. В схеме используется аналогово-цифровой преобразователь MC14433 производства компании Motorola. Неизвестное измеряемое напряжение, пройдя мультиплексор CD4051, подается на интегратор, который имеет определенную постоянную времени для предназначенной временной границы с целью получения выходного напряжения, пропорционального неизвестному напряжению. Компьютерная программа заменяет –2,000-вольтовое опорное напряжение, которое поступает от микросхемы IC2 и обеспечивает, чтобы в распоряжении находилось достаточное время для возврата выхода интегратора к нулю. Изменение опорного напряжения на 0,200 В способствует тому, что то же показание счетчика от 1999 будет соответствовать максимальному значению напряжения 199,9 мВ на приборе. Интегральная схема инициирует около 25 преобраз/сек. Микросхемы IC3 и IC4 типа 74LS04 — выходные буферы порта ввода 003 (PORT 003 INPUT). Микросхема IC5 типа 7474 используется как RS-триггер, а микросхема IC6 типа CD4051 — КМОП-мультиплексор с 8 входами.

10.41. Схема для формирования временных меток на ленте самопишущих приборов

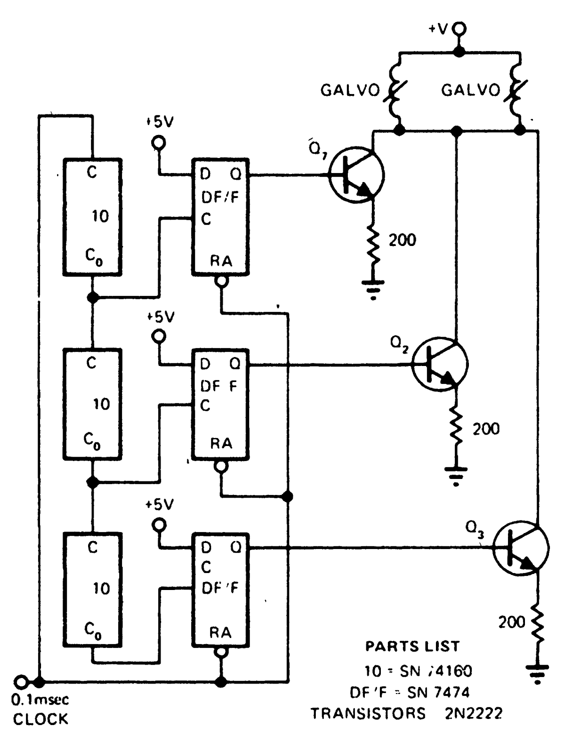


Рис. 10.41

Схема (рис. 10.41) управляет двумя гальванометрами "GALVO" для того, чтобы делать отметки на краю ленты самопишущего прибора, которые соответствуют образцовым временным меткам. Следует отметить, что 10-миллисекундные метки должны быть вдвое, а 100-миллисекундные метки втрое длинней, чем 1-миллисекундные метки. С помощью размещенных таким образом меток на краю ленты, которые соответствуют временному масштабу, можно легко и точно определять истинное время любой точки на ленте самописца.

10.42. 4-разрядный цифровой вольтметр

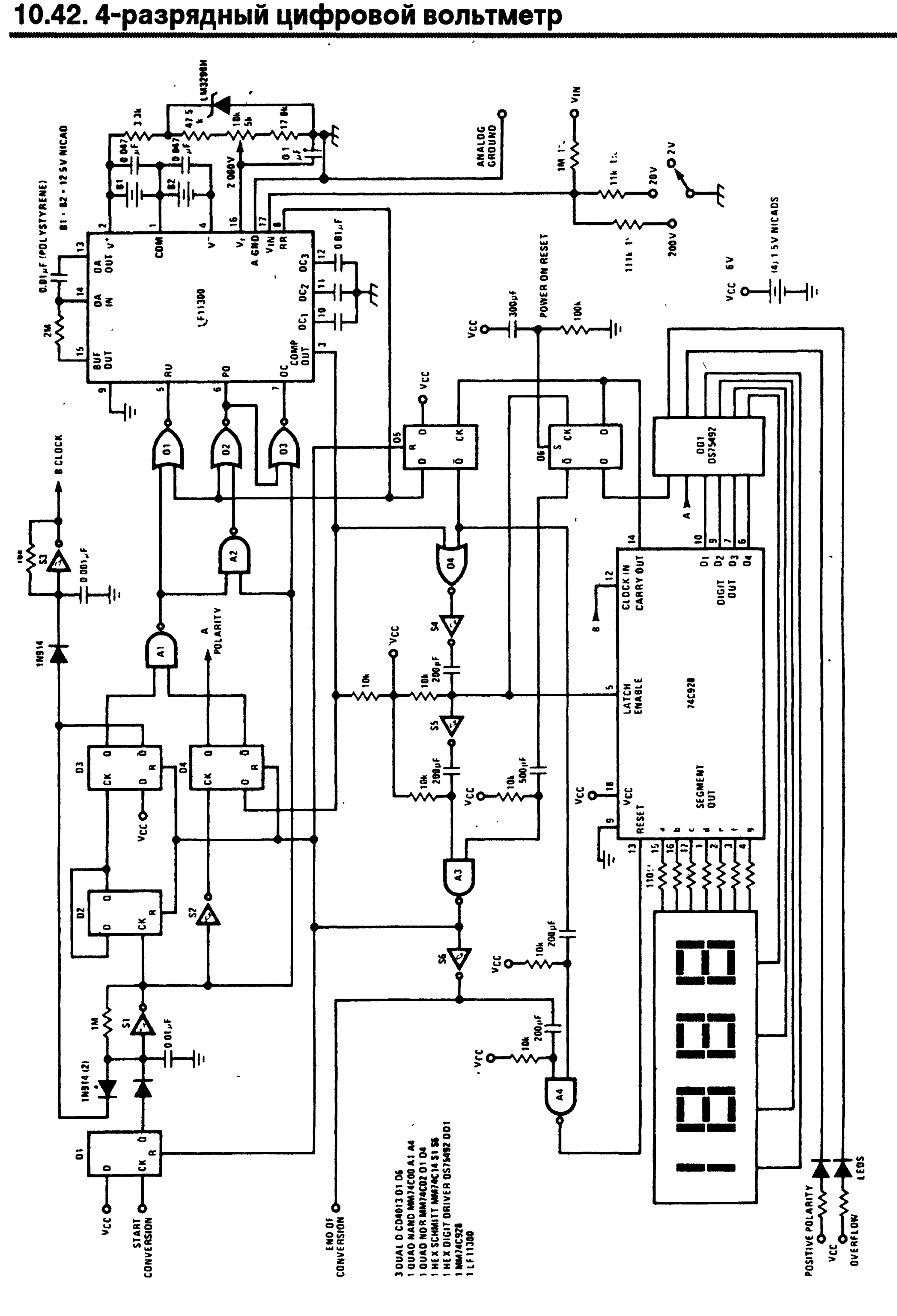


Рис. 10.42

Комбинация микросхемы аналогового модуля LF11300 компании National и 4-разрядного десятичного счетчика MM74C928 с 7-сегментными выходами создает в итоге 4-разрядный цифровой вольтметр с автокоррекцией нуля и отображением полярности. Счетчик питает светодиодный дисплей с мультиплексной 7-сегментной информацией, управляемой от автономно-работающего генератора. Схема интерфейса обеспечивает в каждом цикле изменения управляющие сигналы в микросхему LF11300 для определения полярности и коррекции смещения. Аналоговая микросхема потребляет ток 1,5 мА от батареи с напряжением 12,5 В, а цифровая микросхема — 40 мА из 6-вольтового источника питания.

10.43. Прецизионный выпрямитель

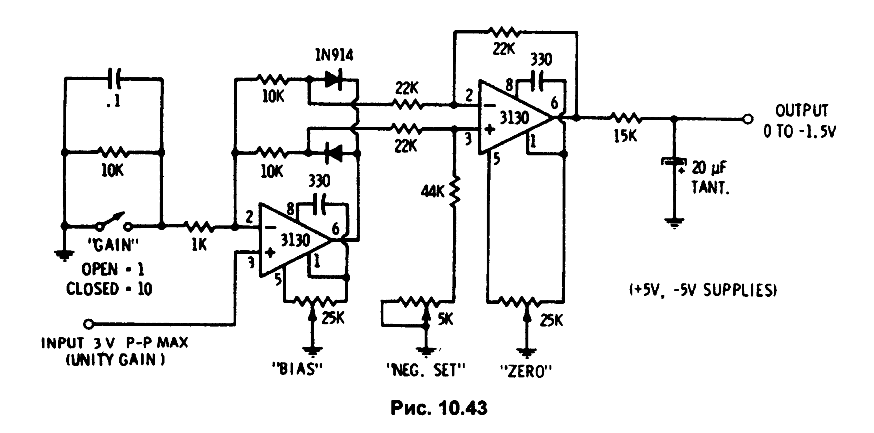


Рис. 10.43

Прецизионный выпрямитель (рис. 10.43) используется в цифровых вольтметрах, чтобы преобразовывать волнообразную форму напряжения переменного тока в эквивалентное выпрямленное напряжение постоянного тока. Первый операционный усилитель типа 3130 применяется для разделения полярности, причем в верхнем и нижнем на схеме резисторах с одинаковым сопротивлением 10 кОм, и включенных последовательно с выпрямительными диодами типа 1N914, возникают выпрямленные отрицательные сигналы. Сигнал на выходе операционного усилителя компенсирует падения напряжения, возникающие в диодах. Потенциометр "NEG. SET" с сопротивлением 5 кОм настраивается так, чтобы оба пиковых напряжения были одинаковой амплитуды. Выходной сигнал второго операционного усилителя представляет собой отрицательные выпрямленные пульсации напряжения, которые по форме являются копией входного сигнала. После сглаживания этих пульсаций на выходе схемы получается среднее выпрямленное значение напряжения постоянного тока, изменяющееся в диапазоне от 0 до –1,5 В при изменении входного переменного напряжения от 0 до 3 В.

10.44. Вольтметр постоянного тока со сбалансированными полевыми транзисторами

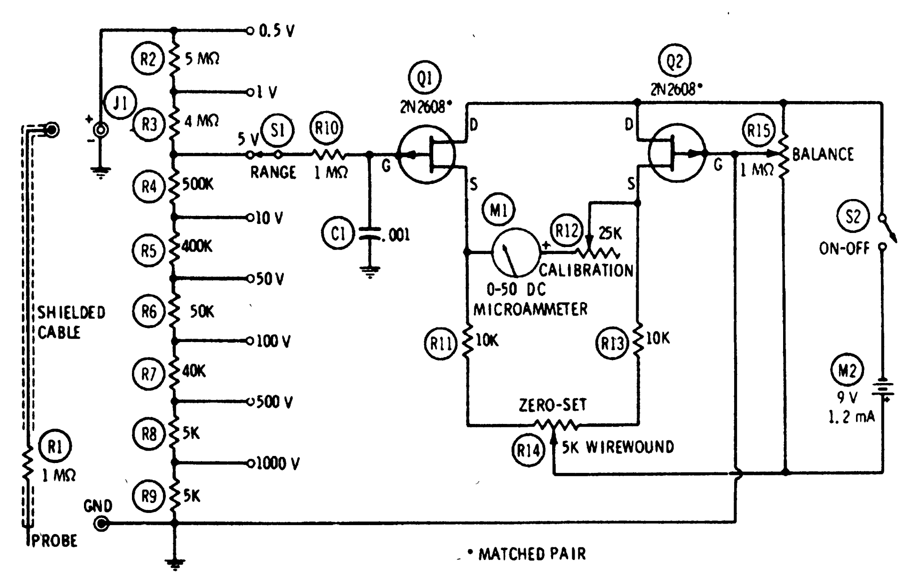


Рис. 10.44

Подобранная производителем пара полевых транзисторов 2N2608 (рис. 10.44) включена в резистивный измерительный мост, который балансируют с помощью проволочного потенциометра R14 так, что на выходе вольтметр должен показывать напряжение равное 0 В. Делитель напряжения, выполненный на резисторах с сопротивлениями 1%-ной точности и подключенный на входе схемы, образует 8 диапазонов для измерения напряжения от 0,5 до 1000 В. Некоторые сопротивления делителя должны быть набраны из двух или большего количества последовательно включенных сопротивлений с имеющимися номиналами. Настроенная схема имеет очень низкий температурный дрейф и, таким образом, сокращает количество необходимых калибровок перед выполнением измерений.

10.45. Схема 3-разрядного цифрового вольтметра

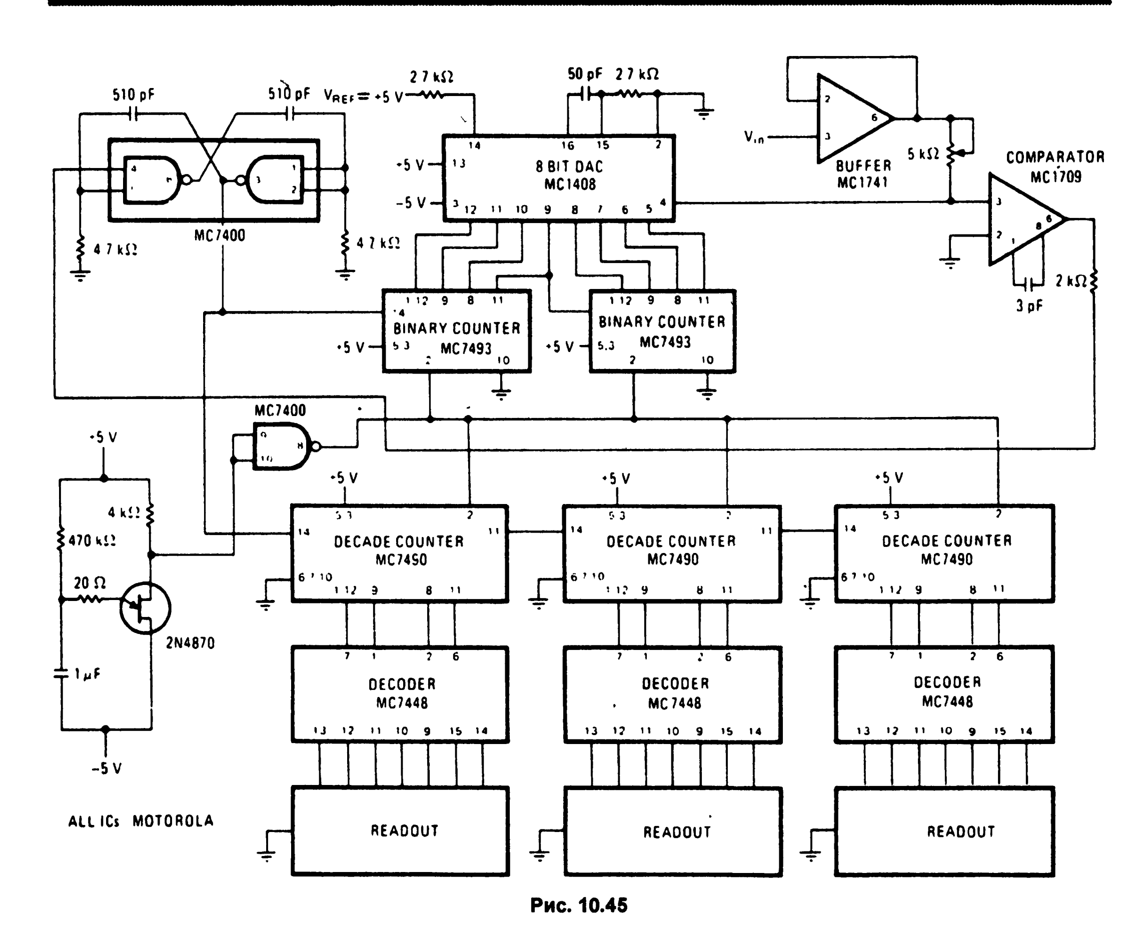


Рис. 10.45

Система с обратной связью, которая проектировалась для 8-битного цифроаналогового преобразователя MC1408 производства компании Motorola (рис. 10.45), использует синхронизированный двоичный счетчик MC7493, чтобы сформировать на выходе преобразователя функцию ступенчатого напряжения. Напряжение на выходе преобразователя с помощью компаратора MC1709 сравнивается с измеряемым входным напряжением V_{IN}, после чего тактовый генератор импульсов останавливается, если уровни напряжений одинаковы. Тактовый генератор синхроимпульсов с частотой 330 Гц выполнен на двух логических элементах И-НЕ микросхемы MC7400. Генератор на однопереходном транзисторе 2N4870 устанавливает обе группы счетчиков, и измеряемое напряжение считывается в течение 0,5 секунд. Двоично-десятичный 7-сегментный дешифратор MC7448 преобразовывает выходы двоично-десятичных счетчиков MC7490 в формат светодиодного дисплея. С приведенными на схеме значениями измерительный прибор может измерять напряжения вплоть до 2,55 В с шагом 10 мВ. Для измерения других предельных напряжений нужно либо применить делитель напряжения на входе схемы, либо заменить входной буферный усилитель с фиксированным единичным усилением MC7441 на усилитель с изменяемым коэффициентом усиления.

10.46. Вольтметр постоянного тока на полевом транзисторе

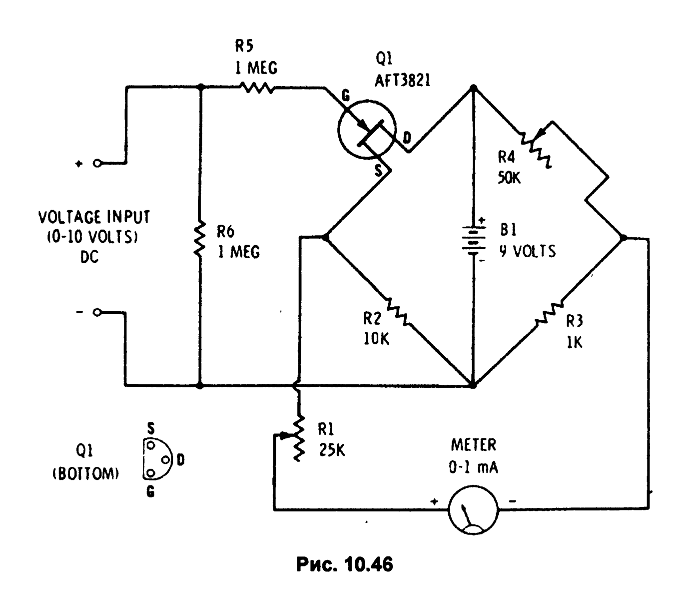


Рис. 10.46

Вольтметр на полевом транзисторе (рис. 10.46), который включен в цепь измерительного резистивного моста Уитстона, имеет входное сопротивление более 1 МОм. Без входного напряжения потенциометр R4 подстраивают так, чтобы прибор показывал нулевое значение. Потенциометром R1 устанавливают максимальное отклонение прибора при измеряемом напряжении 8 В и батареи питания с напряжением 9 В. При 12-вольтовой батареи диапазон измерения составляет 0—10 В.

10.47. Усилитель для измерительного прибора

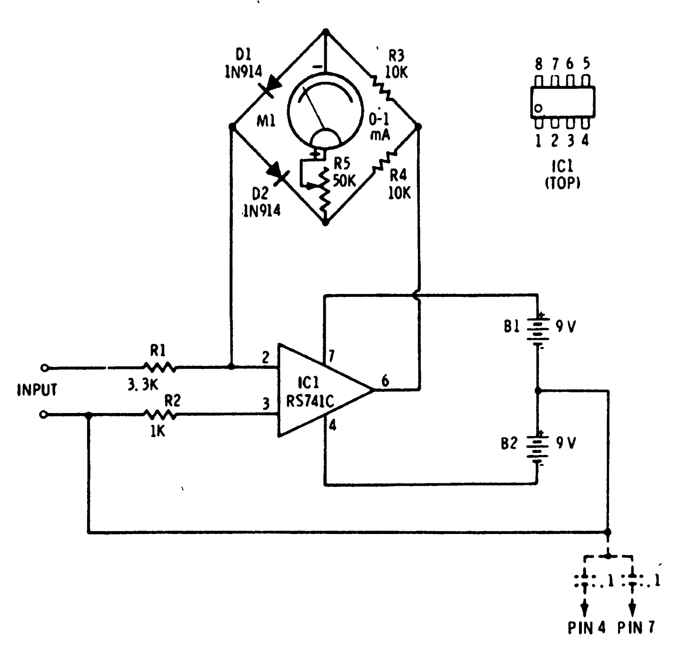


Рис. 10.47

Измерительный прибор M1 (рис. 10.47), установленный в диагональ измерительного моста, включенного в цепь обратной связи операционного усилителя IC1, может измерять напряжение переменного и постоянного тока. Значение входного напряжения будет равно току в измерительном приборе в амперах, умноженному на троекратное значение сопротивления резистора R1 в омах: $V_{INPUT} = I_{M1} \cdot 3R1$. Так, при сопротивлении резистора R1 3,3 кОм и токе в приборе I_{M1} 0,1 мА входное напряжение V_{INPUT} составит 0,99 В. Если умножить значение тока измерительного прибора, выраженного в амперах, на 10 000, то примерно получится входное напряжение, выраженное в вольтах. Если длинные провода на входе схемы вызывают паразитные колебания, то нужно добавить два конденсатора с емкостью 0,1 мкФ между общей точкой схемы (точкой между батареями питания) и каждым выводом питания операционного усилителя, при этом разместив их как можно ближе к этим выводам, а именно выводам 4 и 7.

10.48. Преобразователь напряжение-частота

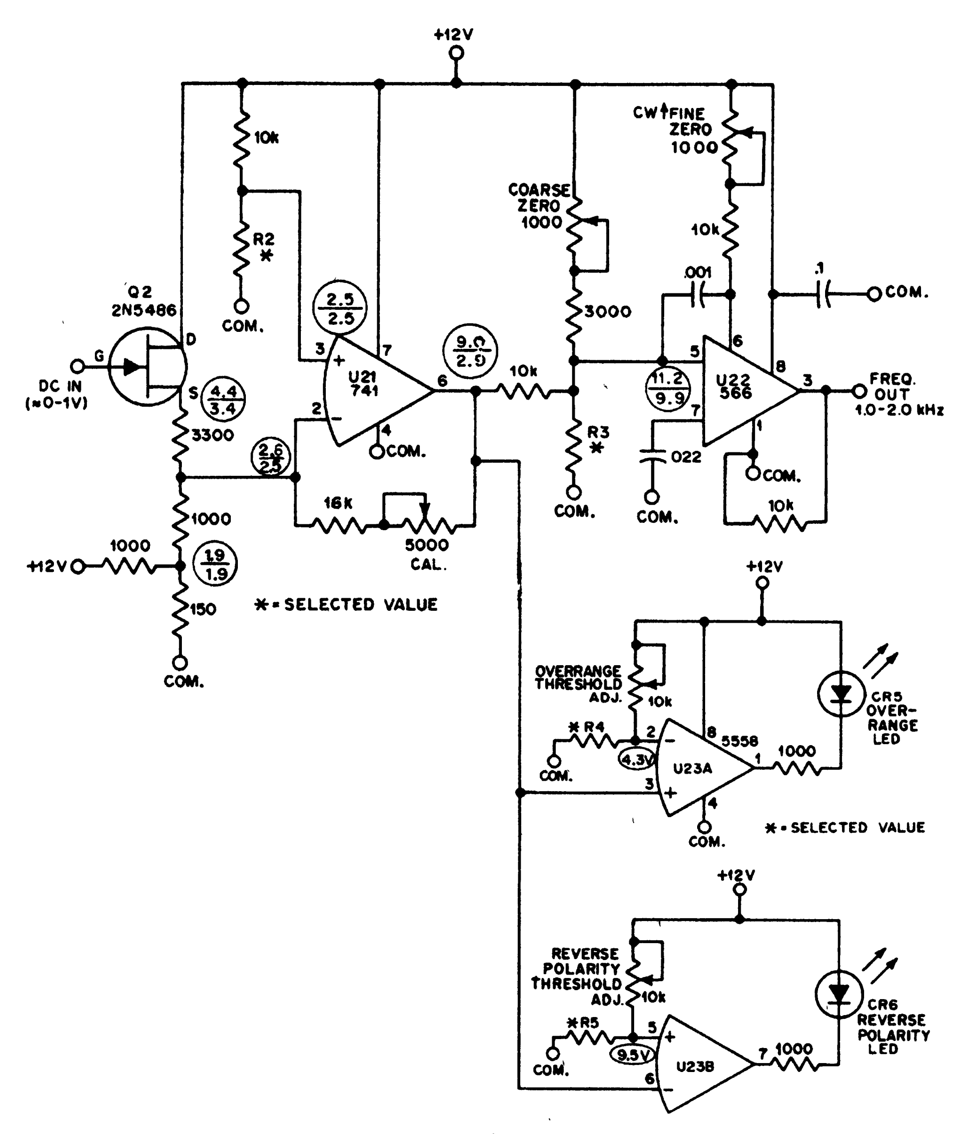


Рис. 10.48

Схема преобразователя (рис. 10.48) может использоваться для измерения напряжения практически с любым счетчиком частоты. Только последние три разряда показывают напряжение. Генератор, управляемый напряжением U22 работает на частоте 1000 Гц, если вход схемы заземлен через резистор R3 с сопротивлением 56 кОм. Счетчик предварительно установлен на значение "9000". Для напряжения 0 В подсчет стартует от "9000" и продолжается до "10000" на индикации, за исключением, что левая единица переполняет счетчик и отображение опять-таки равно "0". Если напряжение составляет +1 В, то микросхема U22 генерирует частоту 2000 Гц, что отображается на счетчике как "1000". Для больших значений измеряемого напряжения, таких как 10, 100 и 1000 В, перед входом схемы следует

установить делитель напряжения, приводящий эти значения к диапазону 0—1 В. Переключатель диапазонов должен быть подключен таким образом, чтобы десятичная точка появлялась в соответствующем разряде. Для резистора R_2 используется сопротивление 2,7 кОм. Сигнал с выхода микросхемы U21 поступает к узлу индикации превышения диапазона и смены полярности, собранном на сдвоенном операционном усилителе U23 и светодиодах CR5 и CR6 типа 276-041 компании Archer или эквивалентных. Величины резисторов R4 и R5 зависят от дрейфа входного сигнала и точного питающего напряжения, первоначально резистор R4 должен иметь сопротивление 2700 Ом, а резистор R5 — 18 кОм.

10.49. Схема электроскопа

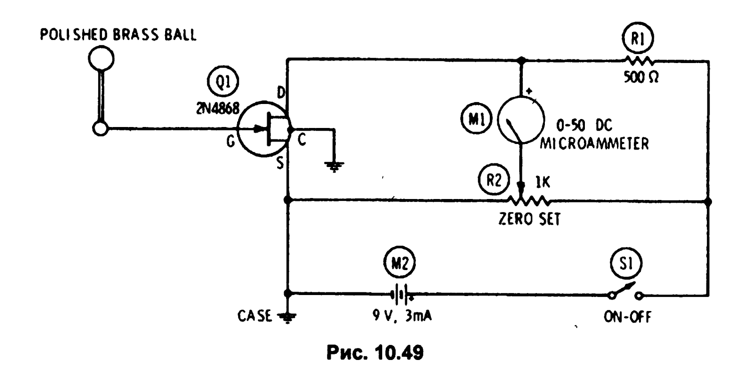


Рис. 10.49

Затвор полевого транзистора Q1 (рис. 10.49), свободный от потенциала, связан только с гладким металлическим стержнем, на верхушке которого находится отполированный латунный шар. Этот стержень изолирован от корпуса шайбой из полистирола с большим отверстием. Показание в измерительном приборе, вызванное статическим током стока полевого транзистора, если шар удален от оператора или другого объекта, устанавливается на "0" с помощью потенциометра R2. Размах шкалы измерительного прибора пропорционален интенсивности заряда, накопленного каким-либо телом, если оно приближается к шару или удаляется от него. Электроскоп реагирует на заряженную бумагу или расческу.

10.50. Схема для измерения напряжения с высоким входным сопротивлением

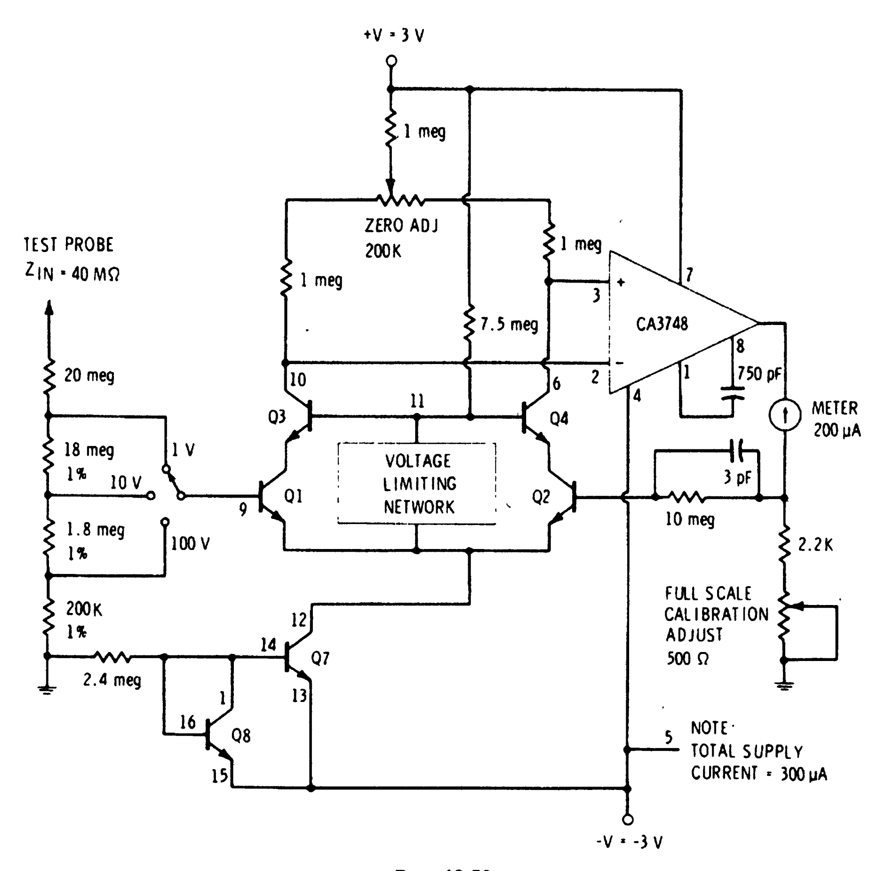


Рис. 10.50

Все транзисторы схемы (рис. 10.50) находятся в транзисторной матрице типа CR3095 производства компании RCA. Транзисторы Q1—Q4 включены в мостовую измерительную схему, а измеряемое напряжение подается на базу транзистора Q1 (вывод 9 транзисторной матрицы). Регулировка и калибровка достигаются изменением напряжения постоянного тока, которое подается в базу транзистора Q2. Транзисторы Q7 и Q8 служат, как стабилизированный источник тока для дифференциального усилителя на транзисторах Q_1—Q_4. Дифференциальный выход измерительного моста подается на дифференциальный вход операционного усилителя CA3748, к которому подключен измерительный прибор. Переключатель, установленный на входе схемы, позволяет выбирать один из трех имеющихся диапазонов измеряемого напряжения.

10.51. Вольтметр на сдвоенном полевом транзисторе

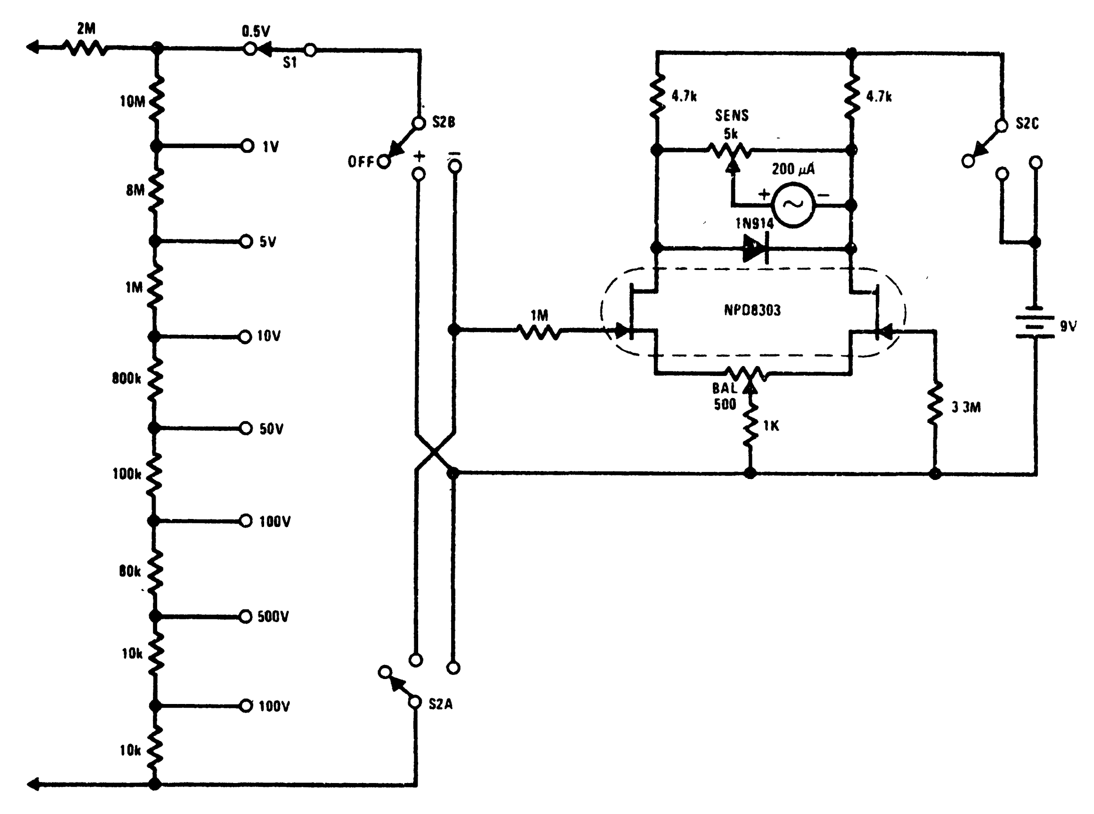


Рис. 10.51

По своим характеристикам представленный вольтметр (рис. 10.51) сравним с ламповым вольтметром, однако, без использования источника питания переменного тока. Значение скорости теплового дрейфа полевых транзисторов гораздо лучше, чем у ламп, что позволяет обеспечить полный размах прибора при входном напряжении 0,5 В. В схеме используется малошумящий сдвоенный полевой транзистор типа NPD8303 с низким значением тока утечки.

10.52. Вольтметр с логарифмической шкалой

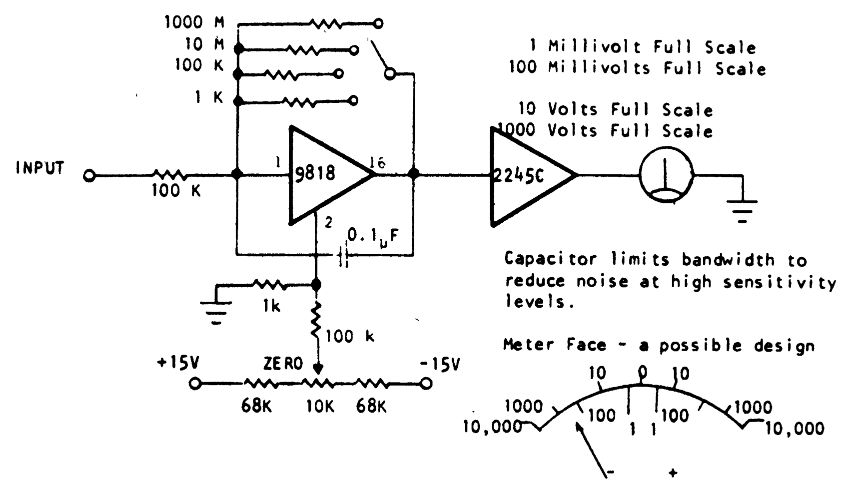


Рис. 10.52

Вольтметр с логарифмической шкалой (рис. 10.52), выполненный на операционном усилителе 9818 производства компании Optical Electronics и на микросхеме 2245С, реализующей биполярную логарифмическую функцию, которая перекрывает 4 декады, может служить для определения сигнала на выходе измерительного моста Уитстона, как полупроводниковый гальванометр или как схема регистрации дифференциального вольтметра или сравнивающего моста. Значения показаний измерительного прибора относительны. Базовая чувствительность схемы относится к "1" на шкале прибора, что соответствует измеряемому напряжению 100 нВ. При такой чувствительности полное отклонение измерительного прибора будет при входном напряжении 1 мВ. Другие три позиции переключателя диапазона при использовании прибора со шкалой 10—0—10 В соответствуют следующим трем пределам измерения: 100 мВ, 10 и 1000 В. Встроенный в операционный усилитель ограничитель напряжения защищает схему от выхода ее из строя при перенапряжении.

10.53. Схема индикации полярности цифрового вольтметра

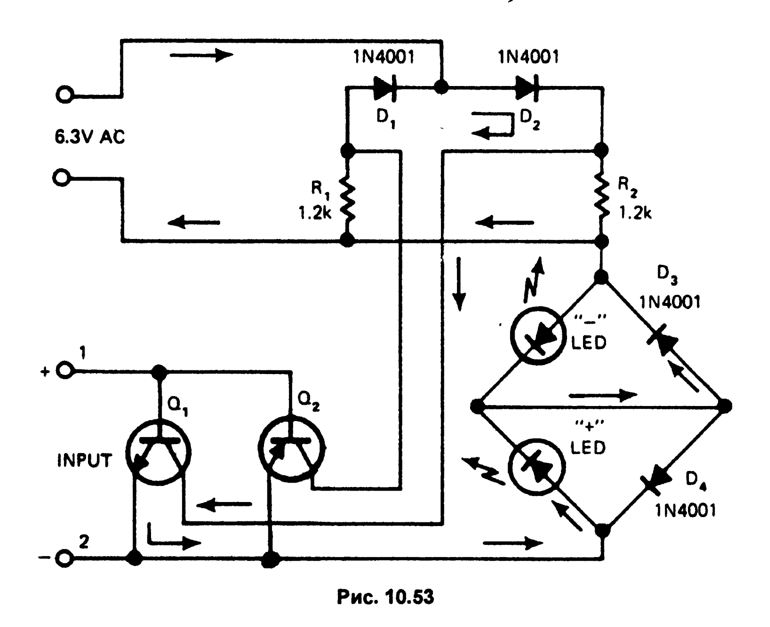


Рис. 10.53

Транзисторы Q_1 и Q_2 представленной схемы индикации (рис. 10.53) должны быть парами Дарлингтона, чтобы иметь несущественную нагрузку для внешней цепи на входе схемы. Без входного сигнала ток от 6,3-вольтового источника напряжения переменного тока в зависимости от знака полуволны течет либо через диод D_2 и резистор R_2, либо через резистор R_1 и диод D_1 обратно в источник. Положительный сигнал на входной клемме 1 открывает транзистор Q_1 и тем самым образует новый путь для суммарного тока, минуя резистор R_2 через открытый транзистор, светодиод "+" LED, диод D_3 и далее в источник переменного тока. В результате этого загорится светодиод "+" LED. Таким же образом отрицательный сигнал зажигает другой светодиод "–" LED. Необходимый источник переменного тока с напряжением 6,3 В может быть взят из цифрового вольтметра.

10.54. Схема 5-разрядного цифрового вольтметра

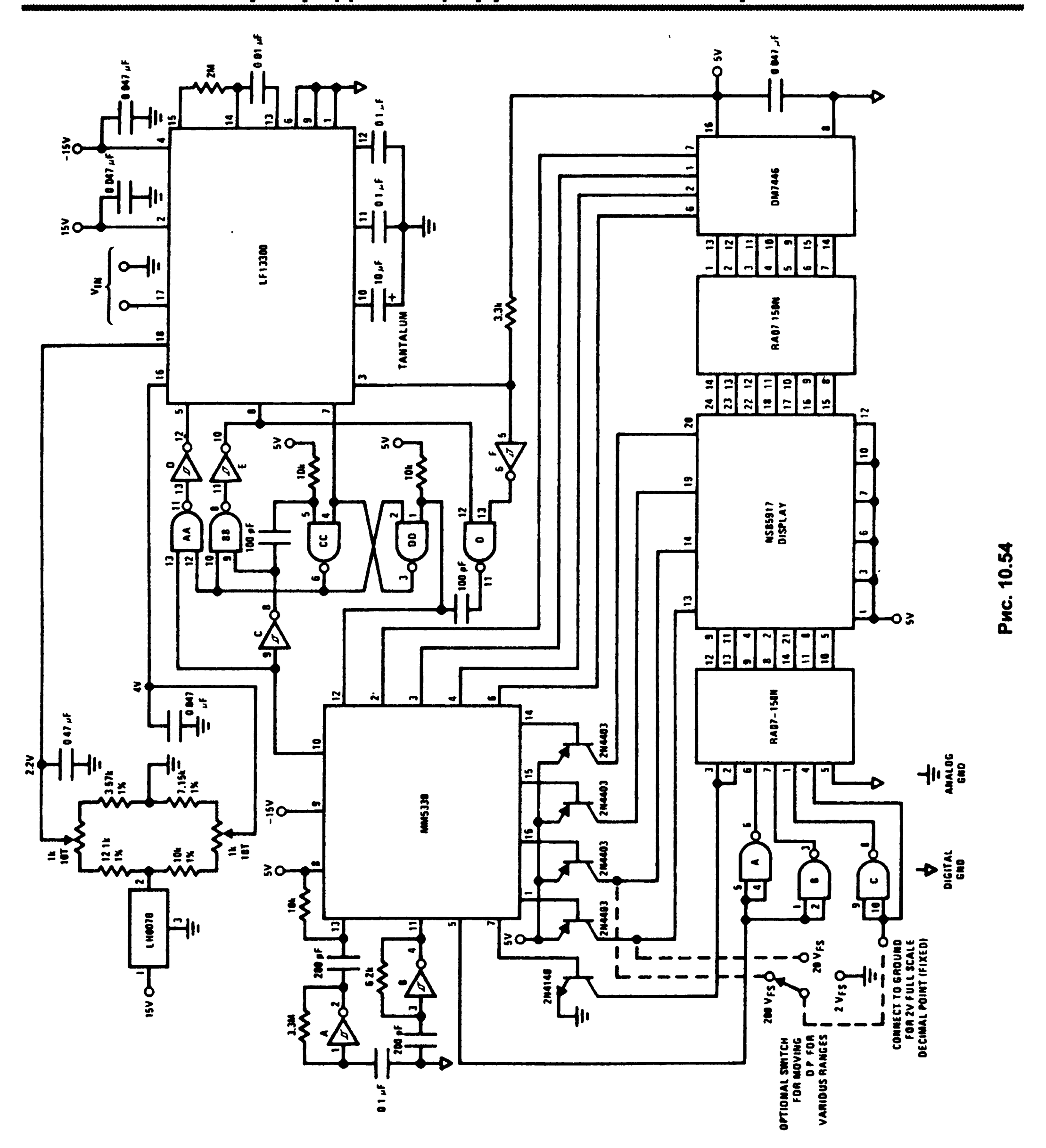


Рис. 10.54

Двоично-десятичная микросхема MM5330 производства компании National, используемая в схеме (рис. 10.54) вместе с аналоговой частью аналого-цифрового преобразователя типа LF13300 для предоставления различных данных для отображения их в диапазоне ±19999. Схема содержит счетчик, защелку и умножающий блок для индикации признака знака, переполнения, а также четырех полных и одного неполного разряда, который допустим как единица десятков тысяч. Микросхема LF13300 имеет автокоррекцию нуля для всех напряжений смещения. Работа схемы основана на преобразовании напряжения в код, получаемого в процессе подсчета микросхемой MM5330 количества тактовых импульсов, которое

пропускается компаратором. Добавление в схему переключателя (на схеме его подключение показано штриховой линией) дает возможность выбора между тремя диапазонами: 2, 20 и 200 В. В схеме вольтметра в качестве инверторов используются элементы триггеров Шмитта микросхемы MM74C14. Логические элементы И-НЕ, обозначенные на схеме двумя буквами, являются элементами счетверенной логической КМОП-микросхемы типа MM74C00, а точно такие же элементы И-НЕ, обозначенные на схеме одной буквой, являются элементами ТТЛ-микросхемы типа DM7400.

10.55. Схема дифференциального выпрямителя сигналов переменного тока

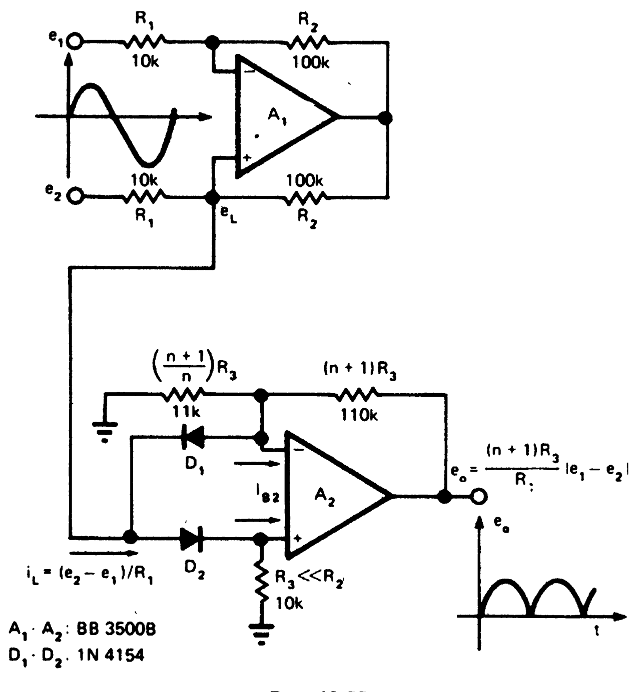


Рис. 10.55

Прецизионного выпрямления разностного напряжения периодических сигналов волнообразной формы с помощью представленной схемы (рис. 10.55) достигают посредством того, что сигналы трансформируются в ток, который затем выпрямляется и снова преобразуется в выходное напряжение. Первый операционный усилитель A_1 служит как дифференциальный преобразователь "напряжение-ток", а второй A_2 — как выпрямляющий преобразователь "ток-напряжение". Схема приспособлена для применений, в которых может быть принято низкое входное сопротивление и одинаковая частотная характеристика.

10.56. Вольтметр переменного тока для частот 0,04–200 МГц

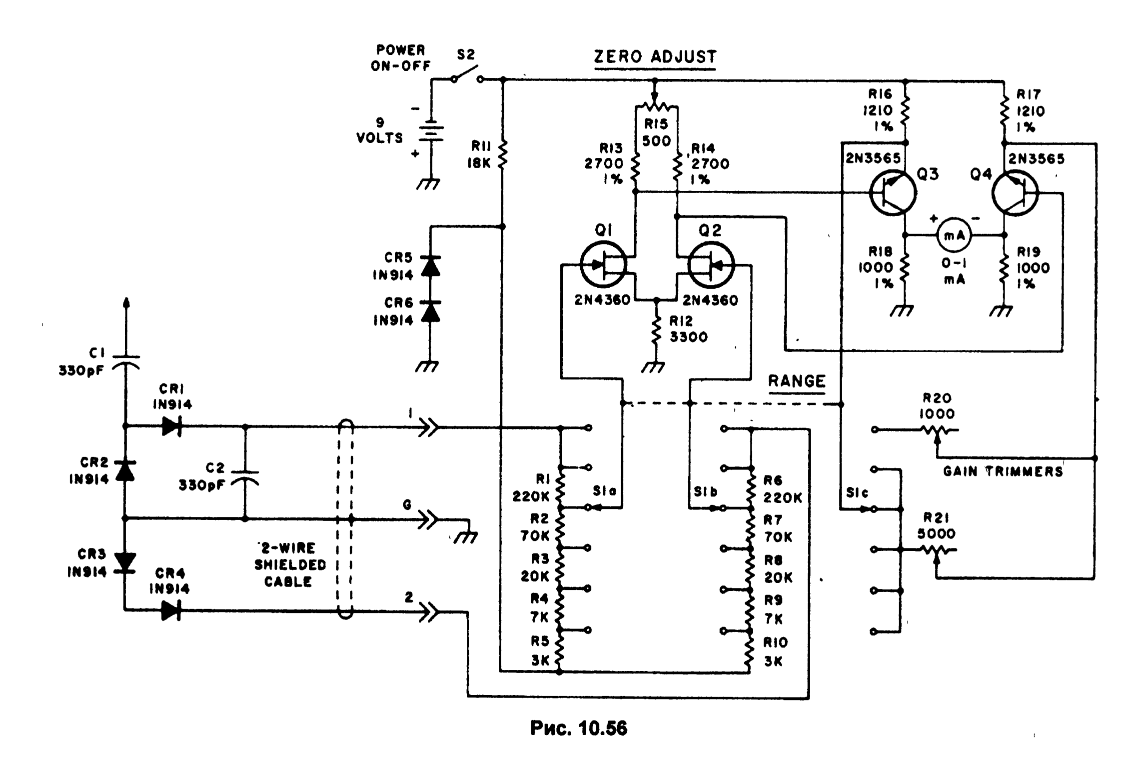


Рис. 10.56

Представленный ВЧ-вольтметр с питанием от батарей (рис. 10.56) имеет шесть диапазонов измерения с предельными значениями напряжения от 0,03 В до 10 В и равномерную частотную характеристику в диапазоне частот от 40 кГц до 200 МГц. Схема использует измерительный щуп с удваивающим напряжение полным выпрямителем на диодах CR1—CR2, подключаемый далее к делителю и усилителю постоянного тока с большим усилением, который управляет стрелочным измерительным прибором.

10.57. Измерительный прибор для определения полярности сети

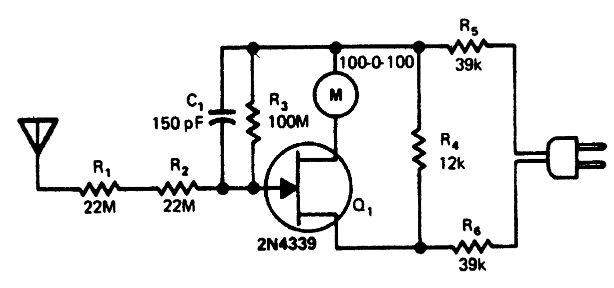


Рис. 10.57

Прибор (рис. 10.57) используется для проверки, правильности выполнения электрического монтажа защитного заземления в штепсельной розетке. Схема сравнивает форму волнообразного напряжения на фазе с потенциалом переменного тока от 10 до 40 В и частотой 60 Гц, принимаемого антенной, в качестве которой может быть человеческое тело. Прибор является синхронным детектором, который становится проводящим в переключающихся полуволнах в зависимости от того, положительно ли напряжение на затворе полевого транзистора по сравнению с истоком или стоком. Для индикации используется миллиамперметр постоянного тока со средним положением. Если штепсельная вилка помещается в розетку и отсутствует защитное заземление, то стрелка измерительного прибора будет находиться в среднем положении. С безупречно заземленной штепсельной розеткой измерительный прибор отклоняется в одну или другую сторону до конца.

10.58. Цифровой 4-разрядный вольтметр постоянного тока

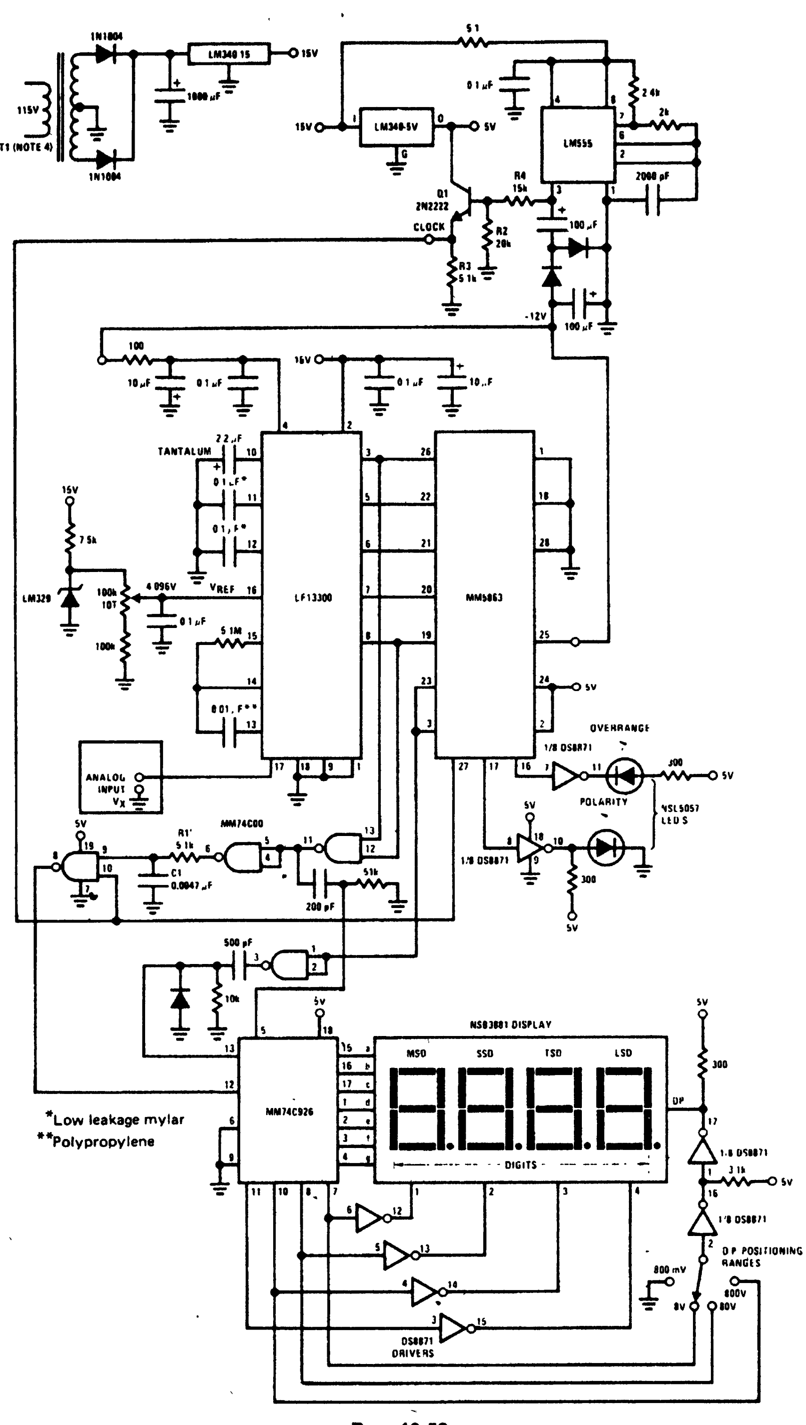


Рис. 10.58

12-разрядный двоичный аналого-цифровой блок MM5863 компании National вместе с аналоговой частью аналого-цифрового преобразователя типа LF13300 обеспечивает вывод данных в диапазоне ±8191 на цифровой 7-сегментный индикатор NSB3881. Микросхема MM74C926 КМОП-счетчика подключена так, что она подсчитывает тактовые импульсы во время эталонного цикла формирования напряжения ступенчатой пилообразной формы, вырабатываемого микросхемой LF13300. Результат счета сохраняется на индикации, если выход компаратора переключается и переходит на низкий уровень. Вольтметр имеет 4 диапазона измерения: 800 мВ, 8, 80 и 800 В, и два индикатора: полярности измеряемого напряжения "POLARITY" и неправильной установки диапазона, или иначе переполнения "OVERRANGE". Схема питается от отдельного источника с напряжением 15 В, выполненного на преобразователе постоянного напряжения LM340-15. Микросхема LM555 применяется в качестве тактового генератора, а также для формирования необходимых в схеме отрицательных напряжений питания. Все диоды, используемые в вольтметре, имеют тип 1N914.

10.59. Вольтметр на полевом транзисторе

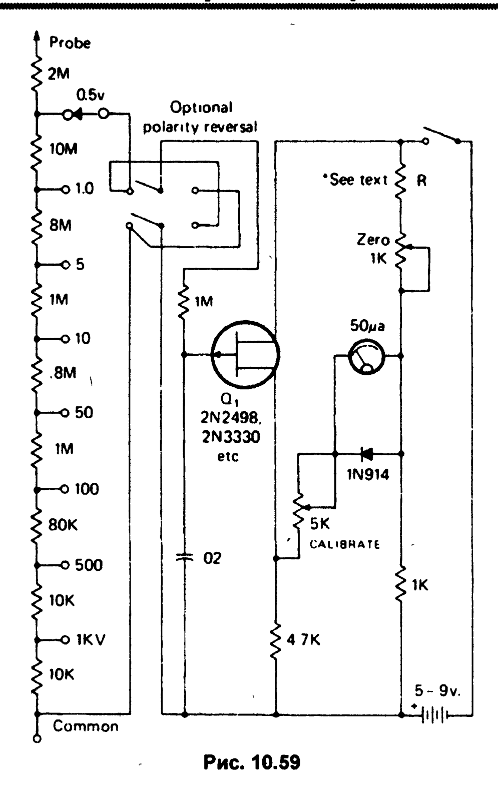


Рис. 10.59

Делитель напряжения лампового вольтметра обеспечивает входное сопротивление равное 22 МОм для версии на полевом транзисторе (рис. 10.59). Полевой транзистор Q_1 используется как повторитель напряжения. Измерительный прибор включен в диагональ измерительного резистивного моста, в одно плечо которого подключен полевой транзистор. Потенциометр "Zero" с сопротивлением 1 кОм применяется для настройки нулевого положения измерительного прибора. При соответствующем выборе сопротивления резистора R этот потенциометр может использоваться также для установки нулевого значения в середине шкалы прибора. Точность вольтметра, прежде всего, зависит от точности цепи делителя. Ток потребления прибора составляет около 1 мА, что обеспечивает длительный срок службы батареи питания.

10.60. Вольтметр переменного тока на полевом транзисторе

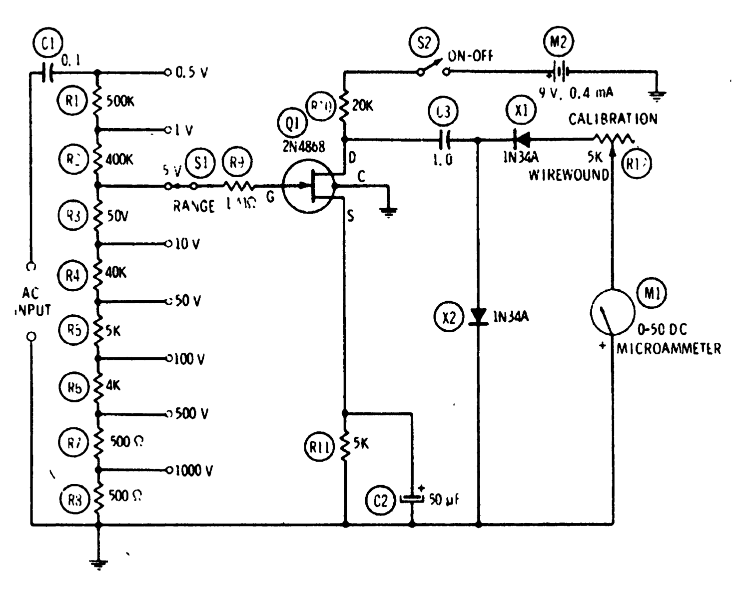


Рис. 10.60

Представленный вольтметр (рис. 10.60) имеет восемь диапазонов, которые охватывают диапазон эффективного измеряемого напряжения от 0 до 1000 В. Частотная характеристика относительно частоты 1 кГц на частоте 50 Гц имеет спад 3,5 дБ, а на частоте 50 кГц спад составляет 2 дБ. Размах измерительного стрелочного прибора M1 пропорционален среднему значению переменного напряжения, но измерительный прибор может калиброваться таким образом, чтобы показывать действующие значения синусоидального сигнала. Для входного делителя напряжения должны использоваться сопротивления с классом точности 1 %. Вольтметр может применяться для измерения напряжений низких и ультразвуковых частот.

10.61. Схема автоматического переключения полярности

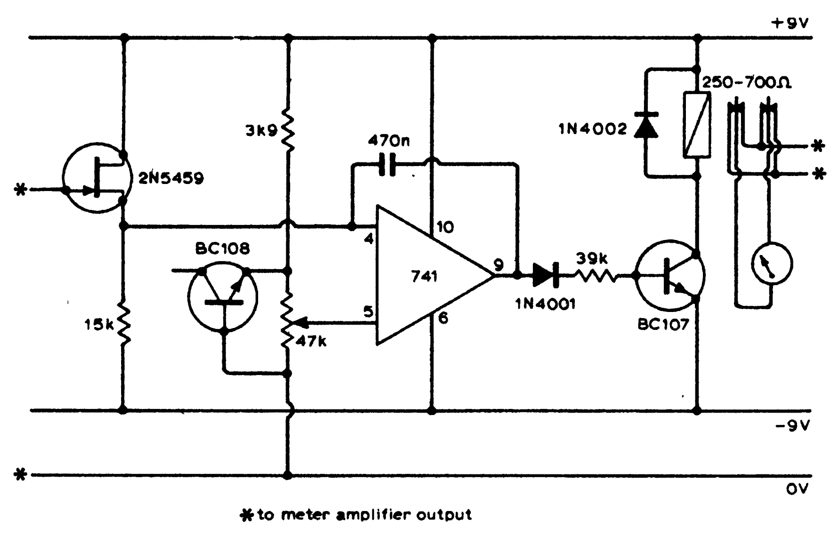
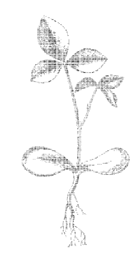


Рис. 10.61

Схема переключения (рис. 10.61) может быть добавлена почти в каждый вольтметр с высоким входным сопротивлением для получения автоматической смены полярности измеряемого напряжения, как это необходимо в процессе измерения. Дополнительные контакты, имеющиеся в реле, могут использоваться для подключения индикации полярности. Полевой транзистор на входе предотвращает перегрузку измерительного прибора. Обратная связь в компараторе, выполненном на операционном усилителе 741, ускоряет переключение.



11. Схемы источников опорного напряжения

В главе представлено множество схем фиксированных и изменяемых, положительных и отрицательных напряжений до 30 В для применений в регуляторах или других схемах, которые нуждаются в высокостабильных эталонных напряжениях. Некоторые из схем могут использоваться в качестве замены стандартного элемента питания.

11.1. Источник изменяемого опорного напряжения

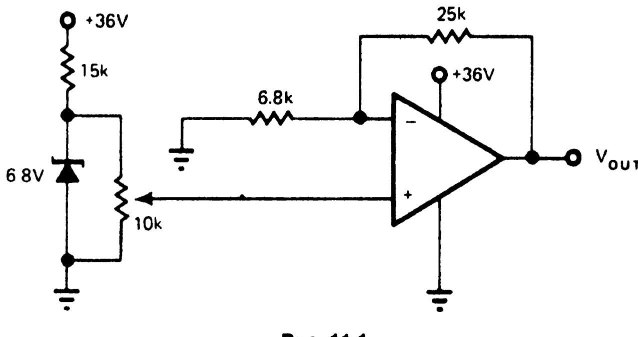


Рис. 11.1

С микросхемой усилителя мощности типа 759, используемой в приведенной схеме (рис. 11.1) источника опорного напряжения, выходное напряжение может изменяться в диапазоне, начиная от максимального напряжения, которое равно напряжению стабилизации установленного стабилитрона, практически до нуля. С операционным усилителем типа 791 напряжение может настраиваться до 2 В. Так как выходное напряжение может быть меньше, чем напряжение стабилитрона, то простая самонастройка не возможна. В этом случае необходимы альтернативные схемы смещения, чтобы улучшать регулировку напряжения сети. Система может выдавать ток вплоть до 100 мА и имеет малый температурный дрейф напряжения, равный дрейфу стабилитрона, а именно $5 \cdot 10^{-6}$/°С.

11.2. Схема четырех регулируемых источников опорных напряжений от 1,5 до 12 В

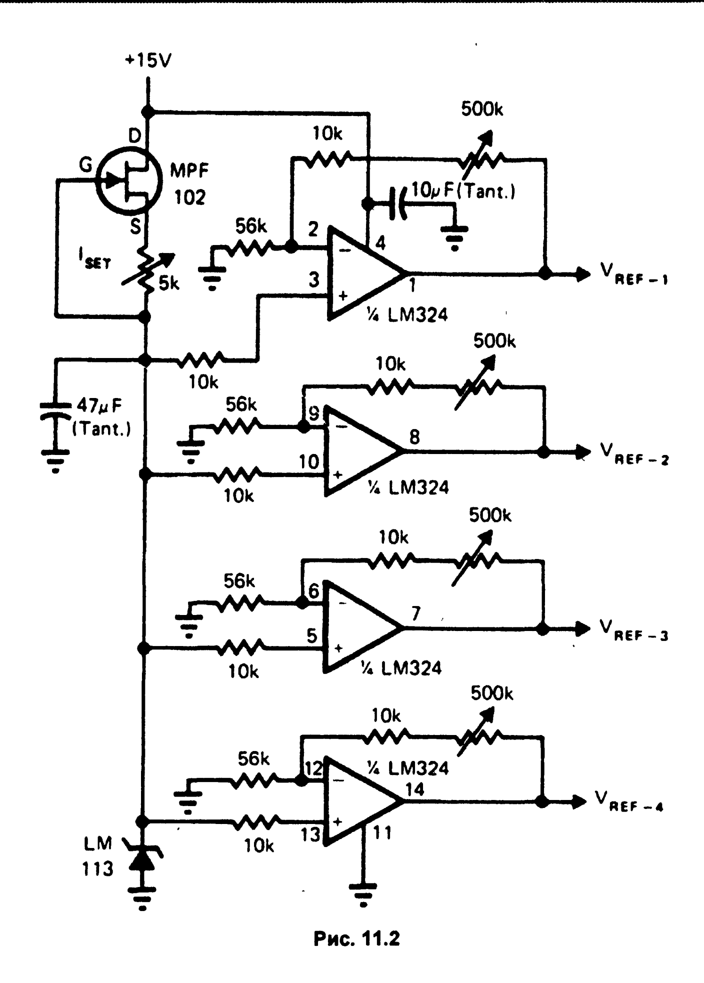


Рис. 11.2

Источник стабильного тока 1 мА на полевом транзисторе при использовании стабилитрона LM113 (рис. 11.2) формирует стабильное опорное напряжение 1,22 В для получения четырех различных высокостабильных напряжений при помощи соответствующих операционных усилителей с регулируемым коэффициентом усиления. Усиление каждого операционного усилителя настраивается своим потенциометром таким образом, что на выходе устанавливается желаемое эталонное напряжение в диапазоне от 1,5 до 12 В. В петле обратной связи операционных усилителей, для достижения стабильности выходного напряжения от нескольких милливольт в диапазоне температур от 0 до 70 °С, должны применяться металлокерамические потенциометры и металлооксидные резисторы.

11.3. Схема источника опорного напряжения с отклонением 0,005 %

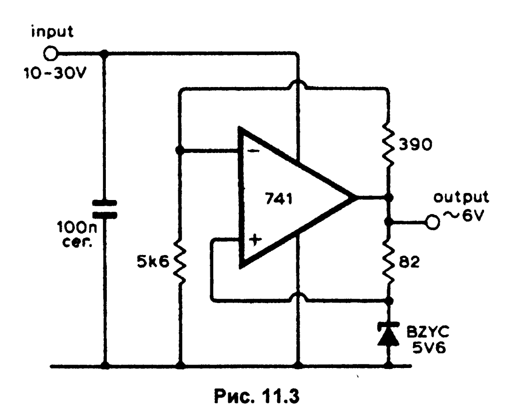


Рис. 11.3

Простая схема на операционном усилителе 741 (рис. 11.3) имеет отклонение напряжения менее 1 мВ на выходе при входном напряжении от 10 до 30 В. При необходимости получения других выходных напряжений схему можно легко изменить как для положительных, так и отрицательных напряжений.

11.4. Источник опорных напряжений +5 и –5 В

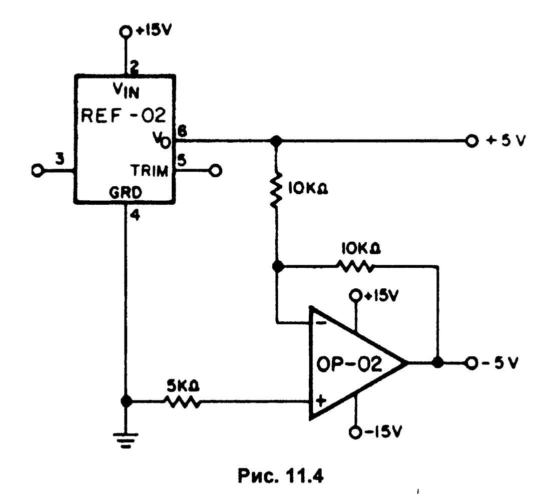


Рис. 11.4

Источник опорного напряжения высокой точности типа REF-02 производства компании Precision Monolithics (рис. 11.4) формирует на выходе напряжение +5 В, используя которое инвертирующий операционный усилитель OP-02 позволяет получить на выходе усилителя еще и напряжение равное –5 В.

11.5. Схема источника изменяемого опорного напряжения от –6,95 до +6,95 В

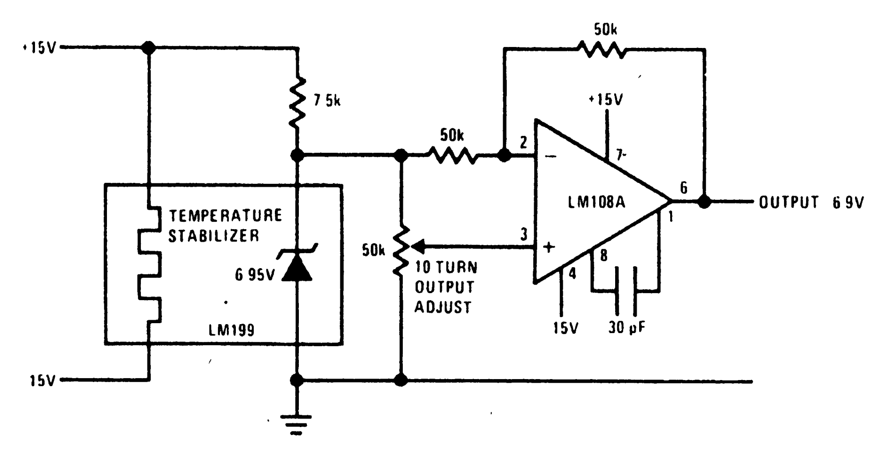


Рис. 11.5

Температурно-стабильное опорное напряжение +6,95 В элемента типа LM199 производства компании National (рис. 11.5) превращается операционным усилителем LM108A в непрерывное изменяемое выходное напряжение от –6,95 до +6,95 В. В схеме нужно использовать прецизионный 10-оборотный проволочный потенциометр с сопротивлением 50 кОм. Операционный усилитель работает как инвертор при положении среднего движка потенциометра в крайнем нижнем по схеме положении и как дифференциальный усилитель в остальных случаях.

11.6. Схема источника регулируемого опорного напряжения

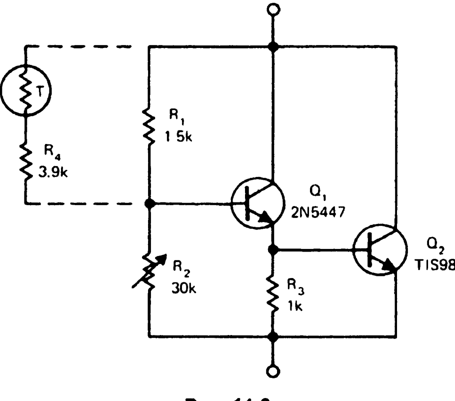


Рис. 11.6

Два транзистора схемы (рис. 11.6), формирующие стабилизированное напряжение, совместно с терморезистором типа 35TF1 компании Gulton, применяются для получения с помощью подстроечного резистора R_2 регулируемого выходного напряжения, изменяющегося в диапазоне от 3,5 до 15,5 В со стабильностью 0,5 % в диапазоне температур от 0 до 50 °С. Динамическое сопротивление схемы всего лишь 1 Ом. Схема разработана как регулятор напряжения для измерительных приборов с батарейным питанием на МОП-элементах.

15 Зак. 1033

11.7. Прецизионный источник опорного напряжения запрещенной зоны ТТЛ-сигналов

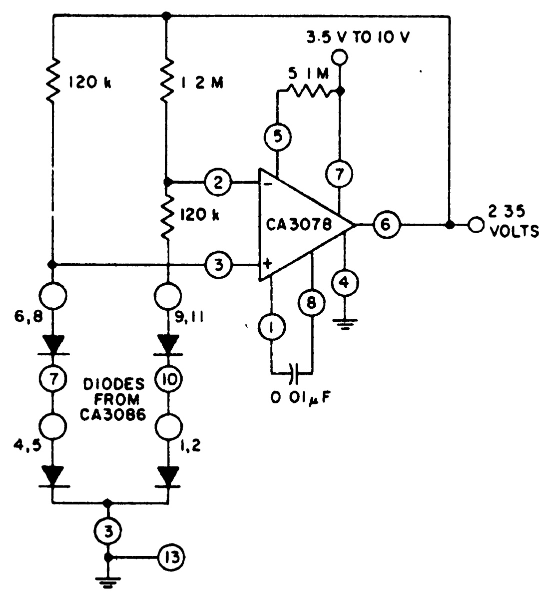


Рис. 11.7

В схеме источника (рис. 11.7) используются диоды из диодной матрицы типа CA3086 и маломощный операционный усилитель типа CA3078 для получения прецизионного управляемого опорного напряжения 2,35 В, которое практически не зависит от температуры.

11.8. Источник трех опорных напряжений на +5, +15 и +30 В

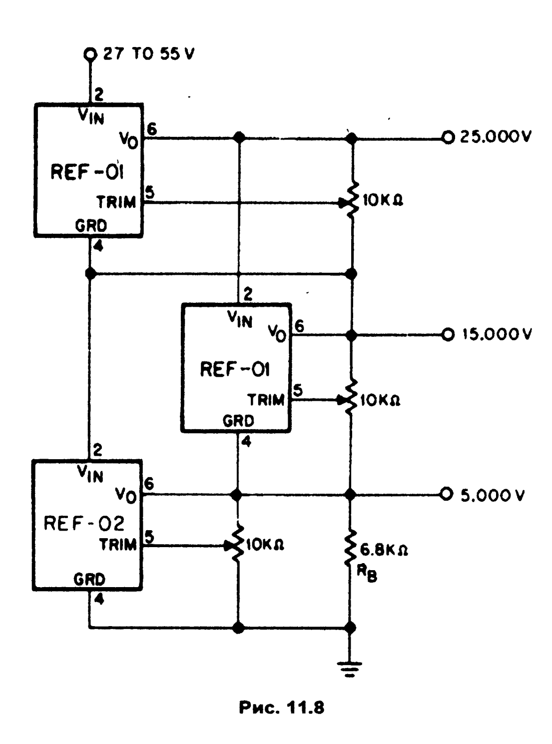


Рис. 11.8

Схема (рис. 11.8), выполненная в виде этажерки из одного микромодуля источника опорного напряжения высокой точности на напряжение +5 В типа REF-02 производства компании Precision Monolithics и двух модулей на +10 В типа REF-01, образует источник с тремя возрастающими напряжениями на выходе, начиная с напряжения +5 В и шагом +10 В. Таким же способом может набираться любое количество дополнительных опорных напряжений вплоть до предельного сетевого напряжения 130 В при условии, что общий ток нагрузки не превышает 21 мА. В приведенной схеме производится изменение входного напряжения 27—55 В до конечных результирующих значений.

11.9. Источник регулируемого опорного напряжения от 0 до 10,0000 В с шагом 100 мкВ

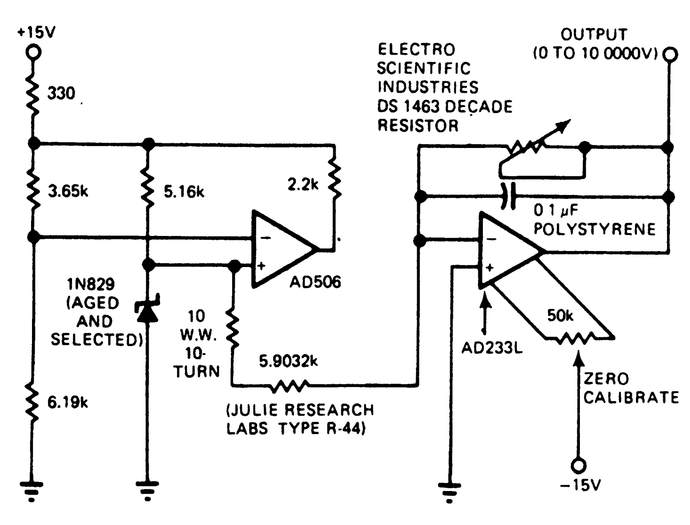


Рис. 11.9

Стабильный ток операционного усилителя типа AD506 схемы (рис. 11.9) питает стабилитрон и последовательно с ним включенный ограничительный резистор с сопротивлением 5,16 кОм для того, чтобы обеспечить оптимальное значение тока через стабилитрон и исключить, таким образом, температурный дрейф. Стабилизируемый операционный усилитель масштабирует напряжение стабилитрона во всем диапазоне. Потенциометр, включенный в цепь регулировки напряжения смещения, служит для коррекции нуля. Стабильность эталонного напряжения на выходе схемы составляет примерно 110 мкВ/год.

11.10. Схема опорного напряжения на самостабилизирующемся стабилитроне

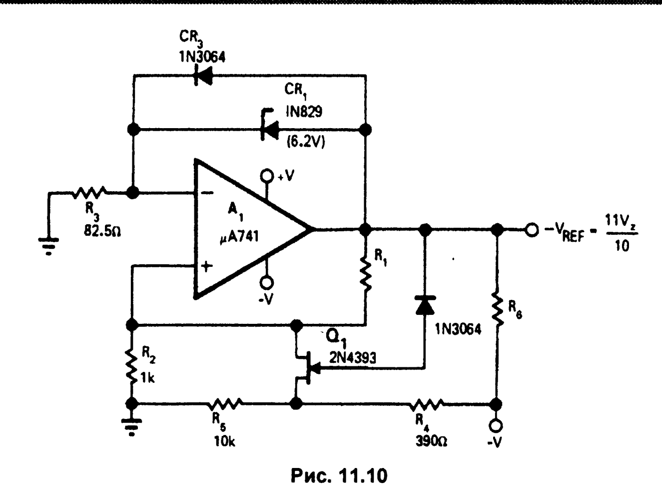


Рис. 11.10

Ток 7,5 мА через стабилитрон CR_1 (рис. 11.10) не зависит от напряжения питания, которое может быть ниже 10 В. Схема на выходе формирует отрицательное эталонное напряжение, определяемое выражением $V_{REF} = -\frac{11 \cdot V_Z}{10}$, где V_Z — напряжение стабилизации используемого стабилитрона. Для приведенного на схеме стабилитрона выходное напряжение будет равно 6,82 В.

11.11. Источник опорного 5-вольтового напряжения при токе 7,5 мА

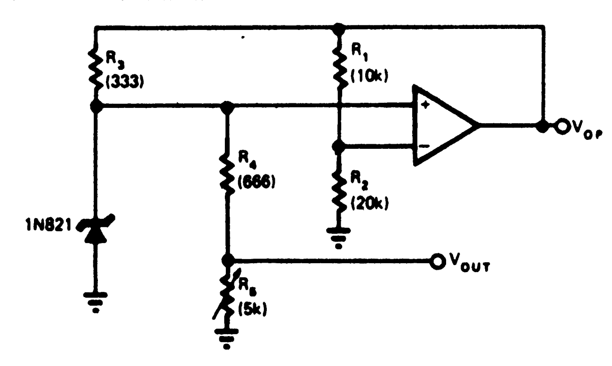


Рис. 11.11

В схеме (рис. 11.11) применяется стандартный операционный усилитель с отдельным потенциометром, который используется для регулировки выходного напряжения и одновременно для установки оптимального тока через 6,2-вольтовый стабилитрон типа 1N821. Чтобы задавать необходимый ток для стабилитронов, для некоторых маломощных операционных усилителей может потребоваться дополнительный эмиттерный повторитель. При этом схемном решении можно отказаться от отдельной регулировки тока стабилизации и применить более дешевые стабилитроны.

11.12. Источник опорного напряжения на +15 В и ток 100 мА

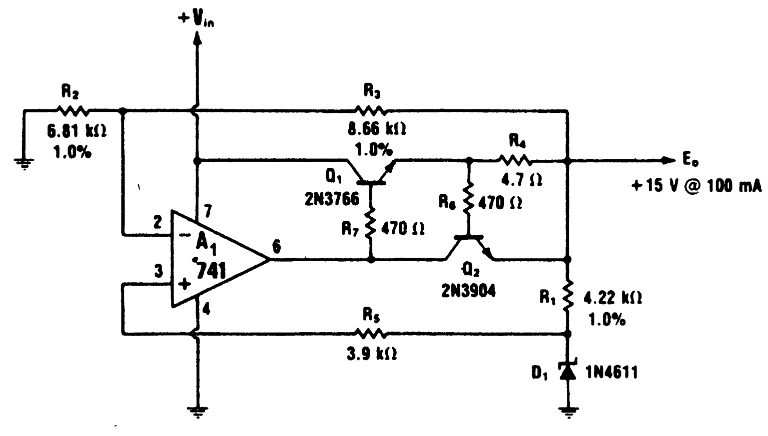


Рис. 11.12

Дополнительный управляющий транзистор Q_1 схемы (рис. 11.12), включенный в петлю обратной связи операционного усилителя A_1 и предназначенный для усиления выходного тока до 100 мА при выходном напряжении +15 В, которое выше используемого опорного напряжения равного 6,6 В и определяемого стабилитроном D_1. Резистор R_4 и транзистор Q_2 обеспечивают защиту схемы от короткого замыкания в нагрузке.

11.13. Источник 10-вольтового опорного напряжения с использованием эталонного гальванического элемента

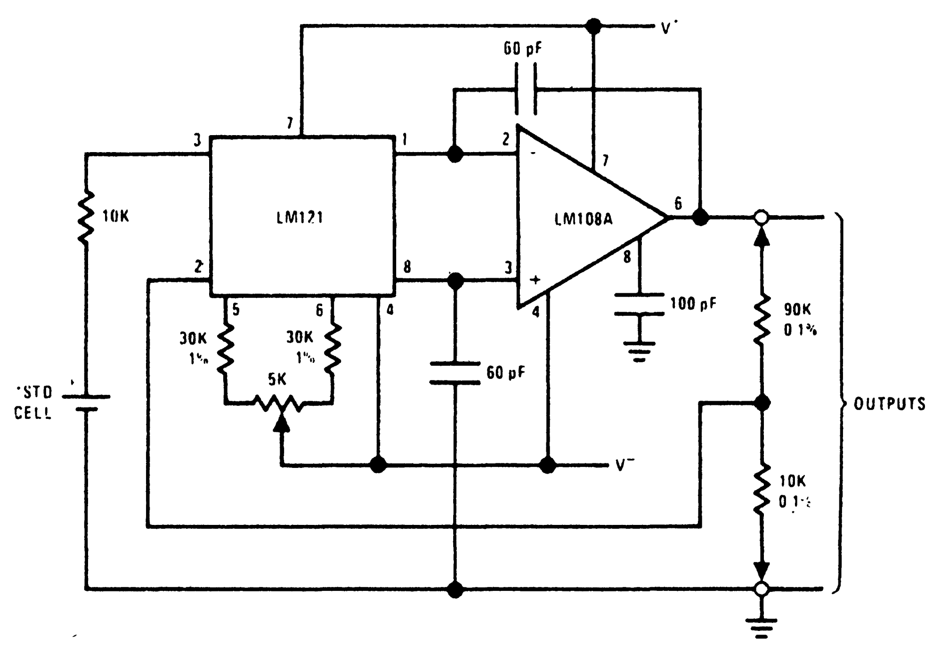


Рис. 11.13

Дифференциальный усилитель типа LM121 производства компании National (рис. 11.13), обладающий низким дрейфом и маленьким входным током, является буфером высокой точности для эталонного гальванического элемента "STD CELL". Типичное значение дрейфа напряжения для интегральной схемы типа LM121, работающей при постоянной температуре, меньше 2 мкВ/1000 час. Следует заметить, что схема должна быть изолирована от внешних воздушных потоков. Если питающее напряжение отсутствует, то эталонный гальванический элемент необходимо отключать, для предотвращения его разряда через внутренние цепи дифференциального усилителя.

11.14. Маломощный источник опорного напряжения на 10 В

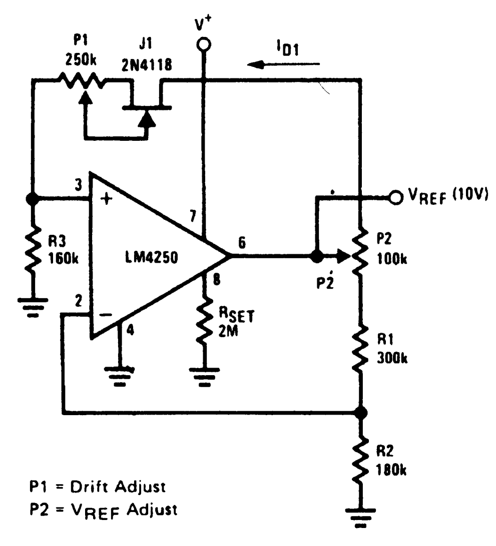


Рис. 11.14

Источник опорного напряжения (рис. 11.14) обладает низким дрейфом, имеет небольшой ток энергопотребления, менее 100 мкА, и использует операционный усилитель типа LM4250 для установки тока с нулевым температурным коэффициентом при желаемом выходном опорном напряжении. С помощью потенциометра P1 устанавливается низкое значение температурного коэффициента изменения выходного напряжения, а с помощью P2 — точное желаемое опорное напряжение.

11.15. Источник опорного напряжения с двумя выходными напряжениями +3,4 и 2,0 В, противостоящий гамма-излучению

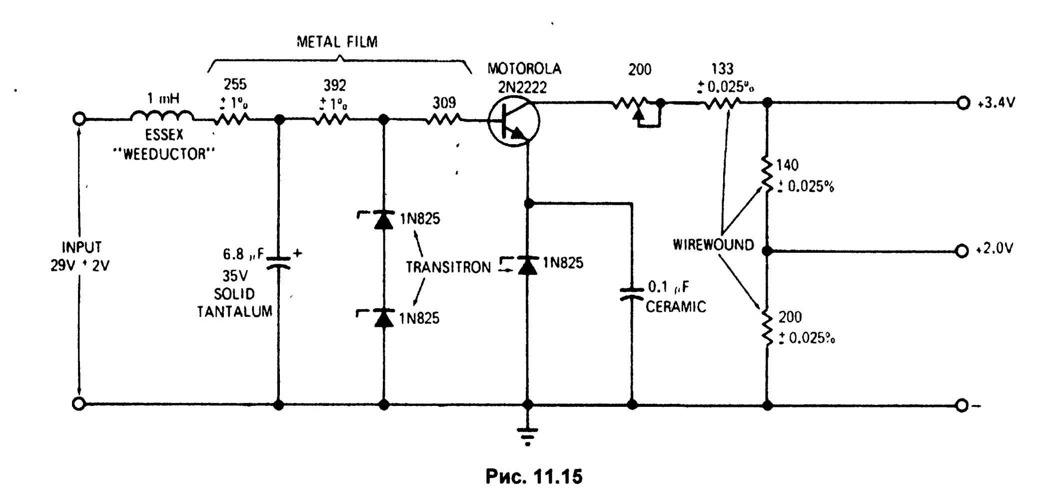


Рис. 11.15

Схема источника (рис. 11.15) состоит из двухступенчатого регулятора напряжения со специально спроектированным фильтром, который помогает очищать выходное напряжение от помех, вызванных гамма-излучением и высокой частотой. Установленный на выходе схемы делитель напряжения с намотанными проволочными сопротивлениями обеспечивает дополнительное 2-вольтовое опорное напряжение. При гамма-излучении 1000000 рад[1] изменение выходного напряжения составляет только 0,3 %.

[1] Рад от англ. rad (radiation absorbed dose) — внесистемная единица измерения поглощенной дозы ионизирующего излучения. 1 Рад равен поглощенной дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 грамм передается энергия ионизирующего излучения 100 эрг. — *Ред.*

11.16. Источник опорного напряжения на +10,000 В

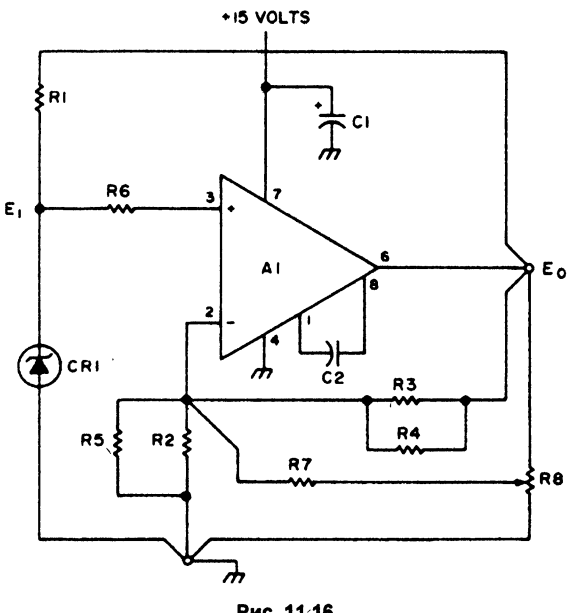


Рис. 11.16

В схеме (рис. 11.16) используется операционный усилитель LM301A с опорным стабилитроном на 6,2 В типа 1N825, чтобы поддерживать стабильное постоянное напряжение на выходе при тяжелых температурных условиях, тряске и вибрации. Сопротивления для задания усиления должны обладать тем же температурным коэффициентом 0,01 %/°С, что и опорный стабилитрон. В схеме применяются металлопленочные резисторы R1 (RN55) на 511 Ом, R2 (RN55E) — 6,04 кОм и R3 — (RN55E) — 3,57 кОм. Резисторы R4 и R5 используются для точной балансировки усиления. Резистор R6 должен иметь сопротивление, равное общему сопротивлению параллельно соединенных резисторов R2 и R5, металлокерамический потенциометр R8 — 10 кОм, а дополнительный ему резистор R7 сопротивление между 100 кОм и 1 МОм.

11.17. Буферизованный источник опорного напряжения на 10 В

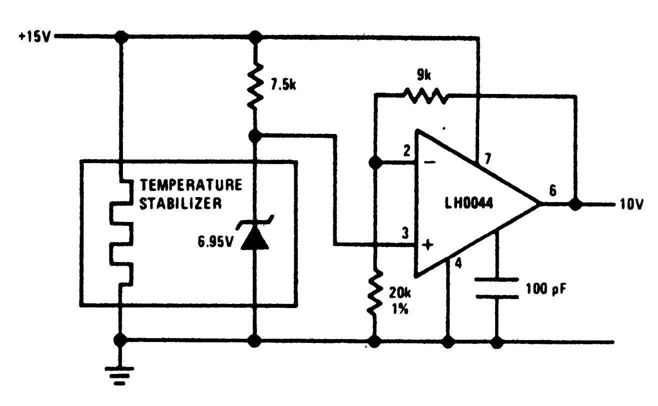


Рис. 11.17

Микросхема LM199 производства компании National обеспечивает схему (рис. 11.17) температурно-стабилизируемым опорным напряжением 6,95 В с очень низким температурным дрейфом и отличной долговременной стабильностью. Малошумящий прецизионный операционный усилитель типа LH0044 применяется для буферизации и масштабирования необходимого выходного напряжения 10 В. Используемое напряжение питания может иметь отклонение от приведенного на схеме только на 1 %.

11.18. Высокоточный источник опорного напряжения на 10 В

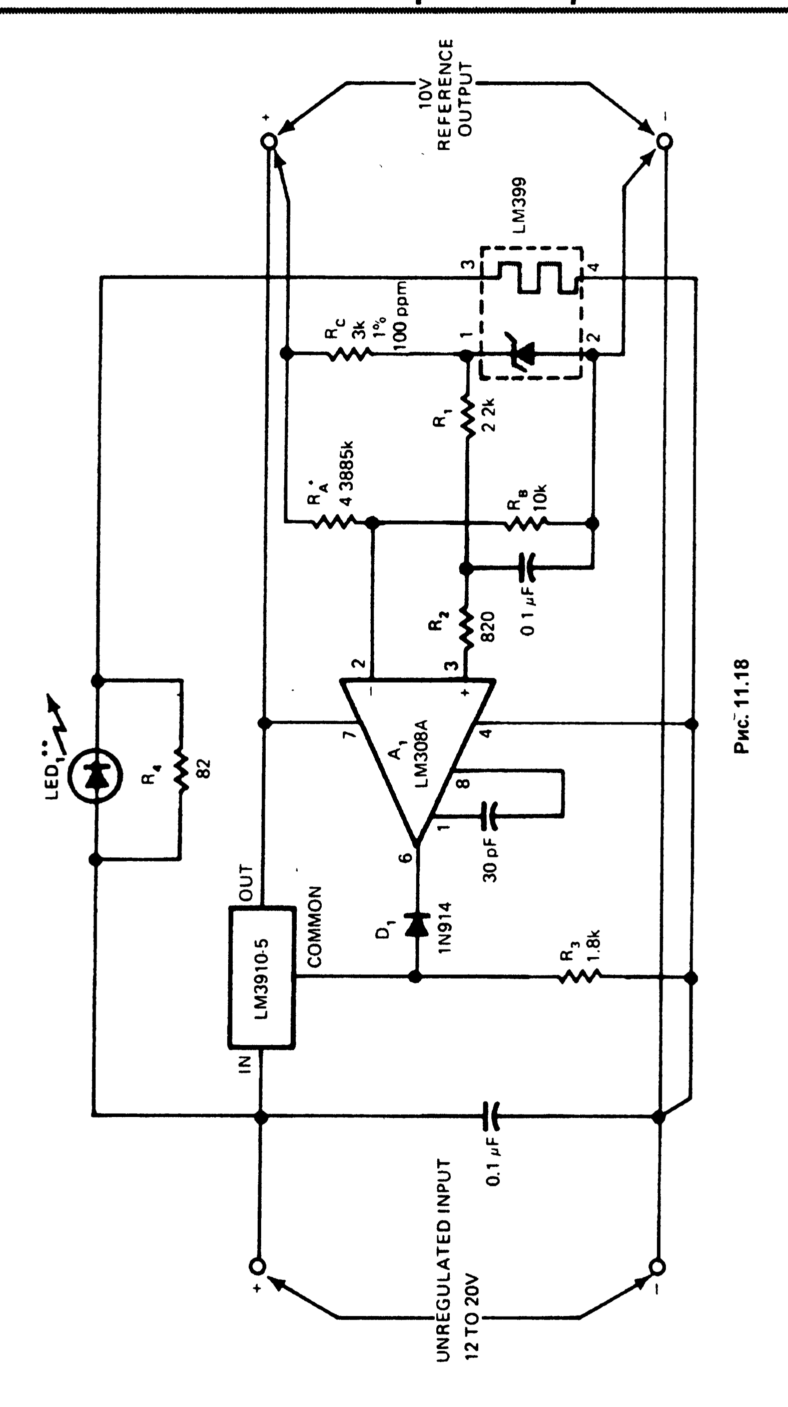


Рис. 11.18

Применение в схеме (рис. 11.18) термически стабильных стабилитронов, размещенных внутри элемента типа LM399, позволяет обеспечить погрешность от температуры на уровне менее 2 мкВ/°С при изменении температуры в диапазоне от 0 до 70 °С.

11.19. Источник опорного напряжения с выходным изменяемым напряжением от 2,5 до 10 В

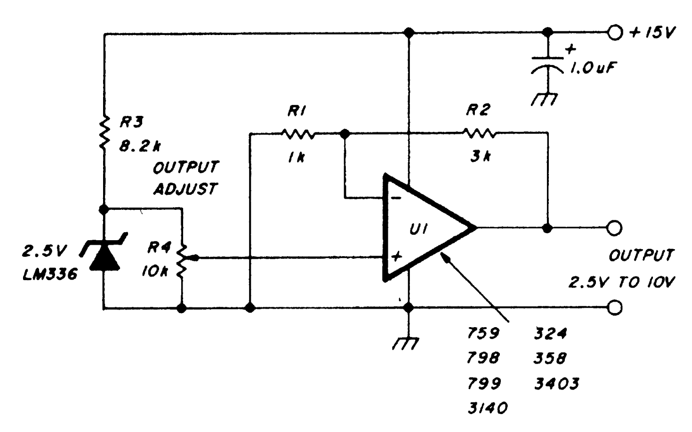


Рис. 11.19

Схема (рис. 11.19), построенная на основе универсального операционного усилителя и стабилитрона и питающаяся от отдельного источника с напряжением 15 В, является стабильным буферизованным источником опорного напряжения, которое может быть легко отрегулировано в большом диапазоне выходных напряжений и выходных токов. Потенциометр R4 подает часть напряжения 2,5-вольтового стабилитрона на операционный усилитель, который может предоставлять на выходе напряжения в диапазоне от 2,5 до 10 В. Диапазон выходного тока зависит от характеристик операционного усилителя и составляет примерно 10 мА для многоцелевых ОУ. Следует заметить, что операционный усилитель типа 759 обеспечивает ток до 350 мА, а вот другие, менее мощные микросхемы могут применяться совместно с буфером, выполненным на *n-p-n*-эмиттерном повторителе. При необходимости получения большего диапазона выходных напряжений требуется использовать более высокое напряжение питания, а также подгонять выходное напряжение с помощью резистора R2. Резистор R3 должен выбираться таким образом, чтобы через стабилитрон протекал ток примерно в 1 мА.

11.20. Источник опорного напряжения с напряжением –6,6 В на операционном усилителе

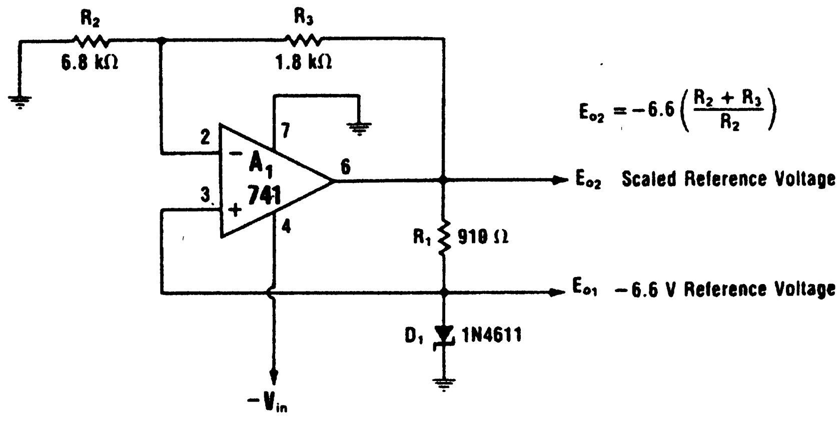


Рис. 11.20

С помощью операционного усилителя A_1 (рис. 11.20) на выходе E_{02} обеспечиваются масштабируемые отрицательные уровни опорного напряжения. Выходное опорное напряжение –6,6 В на выходе E_{01} определяется напряжением пробоя стабилитрона. Если вместо ОУ типа 741 использовать сдвоенный операционный усилитель типа 1558, то вторая его часть может подключаться как буфер, который повышает выходной ток до 5 мА и уменьшает выходное сопротивление.

11.21. Источник опорного напряжения на выходное напряжение +6,6 В и ток 5 мА

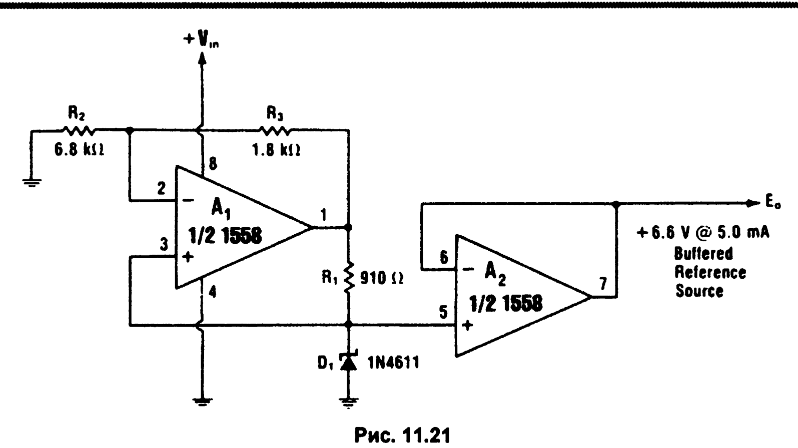


Рис. 11.21

В приведенной схеме (рис. 11.21) применяется сдвоенный операционный усилитель типа 1558. Для увеличения выходного тока и уменьшения выходного сопротивления вторая половина сдвоенного операционного усилителя интегральной микросхемы A_2 используется как буфер для основного источника опорного напряжения, который выполнен на первой половине операционного усилителя A_1 и стабилитроне.

11.22. Источник опорного напряжения с тремя выходными напряжениями +10, +20 и +30 В

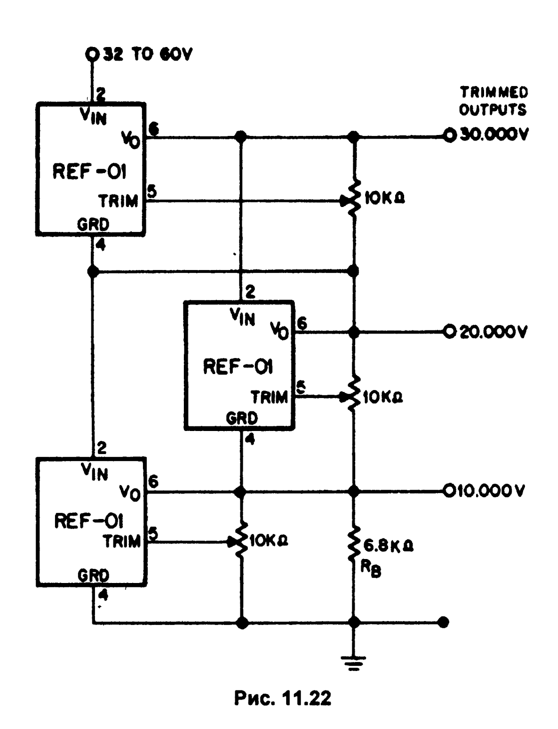


Рис. 11.22

Схема с простым расположением трех однотипных источников опорного напряжения типа REF-01 (рис. 11.22) обеспечивает три опорных напряжения на выходе при входном напряжении от 32 до 60 В. Такая схема предполагает построение схемы из любого количества блоков для получения дополнительных выходных напряжений.

11.23. Источник высокоточного 1-вольтового опорного напряжения

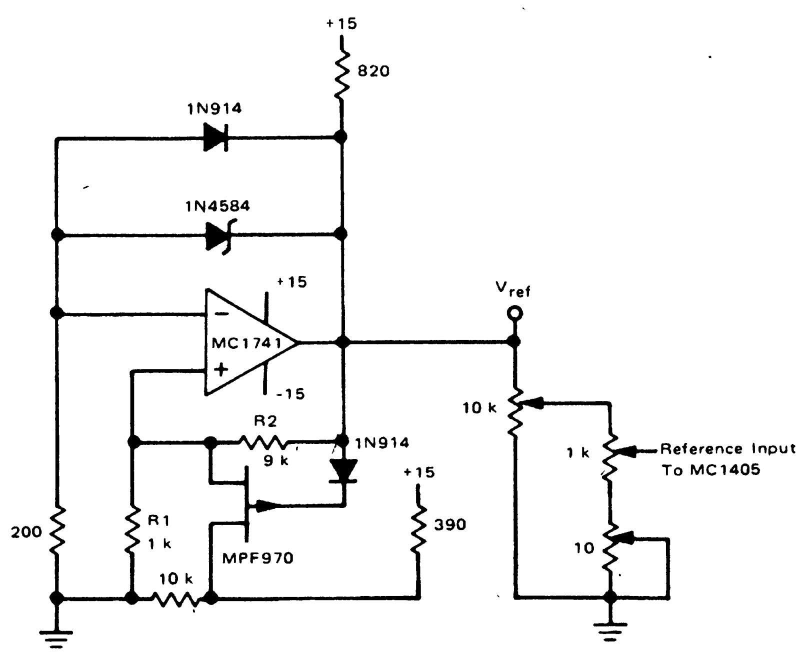


Рис. 11.23

Схема высокоточного источника (рис. 11.23) с опорном напряжением 1,00 В и с дрейфом менее 1 мВ при температуре 20 °С при использовании делителя напряжения сокращает температурный дрейф до ±0,1 мВ, как это необходимо для 5-разрядного цифрового вольтметра. Все три потенциометра должны быть проволочными. Ток через стабилитрон опорного напряжения определяется коэффициентом усиления операционного усилителя и значением напряжения пробоя полупроводникового стабилитрона.

11.24. Источник опорного напряжения с напряжением +6,6 В на операционном усилителе

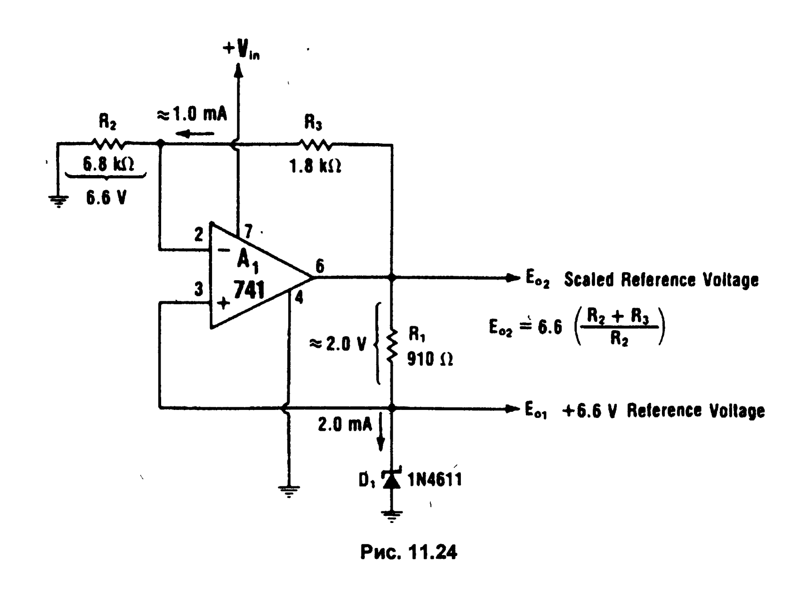


Рис. 11.24

В схеме источника на операционном усилителе (рис. 11.24) используется комбинация отрицательной и положительной обратной связи, чтобы поддерживать стабильный ток 2 мА в стабилитроне D_1, независимо от температуры и нерегулируемого входного напряжения. Эталонное напряжение 6,6 В на выходе E_{Q1}, определяемое напряжением пробоя стабилитрона типа 1N4611, содействует выдаче больших положительных уровней напряжения на выходе операционного усилителя A_1. Увеличенное выходное напряжение на выходе E_{02}, который обладает низким сопротивлением и может поставлять больший ток, без влияния на точность. Для надежного запуска схемы используется только напряжение питания операционного усилителя.

11.25. Маломощный источник опорного напряжения и с низким дрейфом

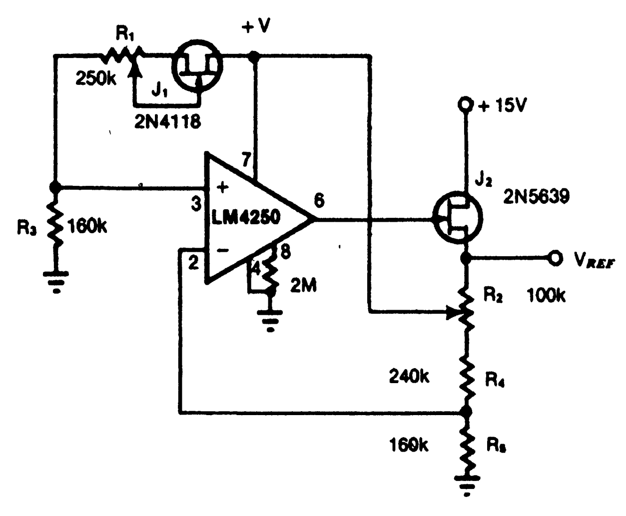


Рис. 11.25

В схеме стабильного эталонного источника напряжения (рис. 11.25) используется полевой транзистор J_1 с незначительным напряжением смещения в комбинации с маломощным операционным усилителем, который определяет нулевой температурный коэффициент схемы. Дополнительный полевой транзистор J_2 предназначен для развязки от нерегулируемого входного напряжения. Выходное сопротивление схемы низкое. Потенциометр R_1 настраивается так, чтобы температурный коэффициент изменения напряжения, который возникает из-за нестабильности тока питания операционного усилителя, был минимальным.

11.26. Источник 6,5-вольтового опорного напряжения

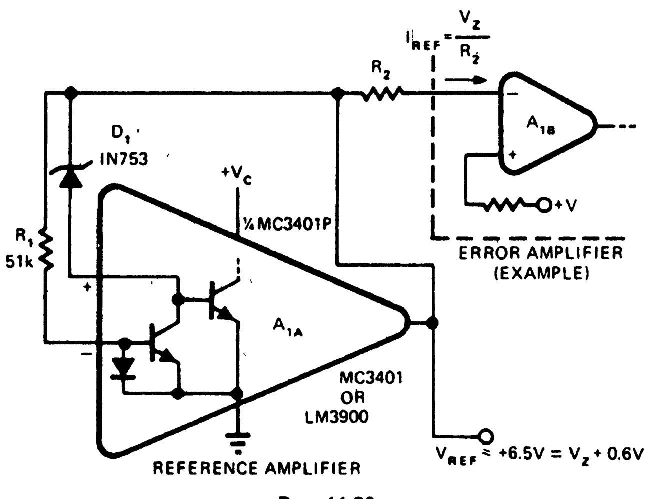


Рис. 11.26

Усилитель A_{1A} опорного напряжения стабилитрона D_1 представленной схемы (рис. 11.26) использует свойство зеркального отображения токового режима на неинвертирующем входе операционного усилителя, для определения тока, протекающего через стабилитрон. Результирующее падение напряжения через стабилитрон D_1 обеспечивается током через резистор R_2, который определяет эталонный ток и для других операционных усилителей или компенсируемых источников опорного напряжения.

11.27. Источник опорного напряжения с напряжением 10 В и балансировкой термокомпенсации

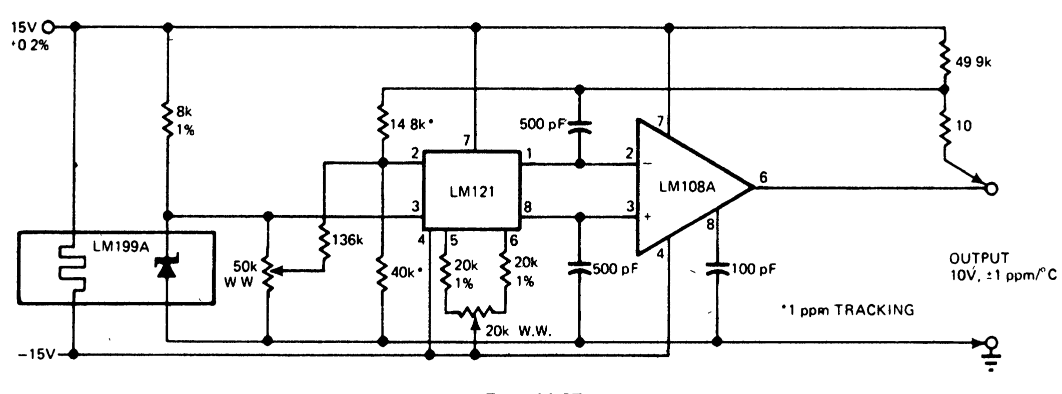


Рис. 11.27

Балансировка термокомпенсации дает возможность получения наименьшего температурного дрейфа напряжения представленного источника опорного напряжения (рис. 11.27), предназначенного для аналого-цифрового преобразователя. Опорное напряжение стабилитрона в элементе LM199A имеет температурный дрейф 3,5 мкВ/°С независимо от рабочего тока. Соединение микросхем LM121 и LM108A, предназначенное для достижения низкого температурного дрейфа, обладает предсказуемым дрейфом, пропорциональным напряжению смещения, которое позволяет применять уравновешивающий потенциометр для достижения лучших значений, чем 10 мкВ/°С при напряжении 10 В на выходе схемы.

11.28. Источник 10-вольтового опорного напряжения с умеренным дрейфом

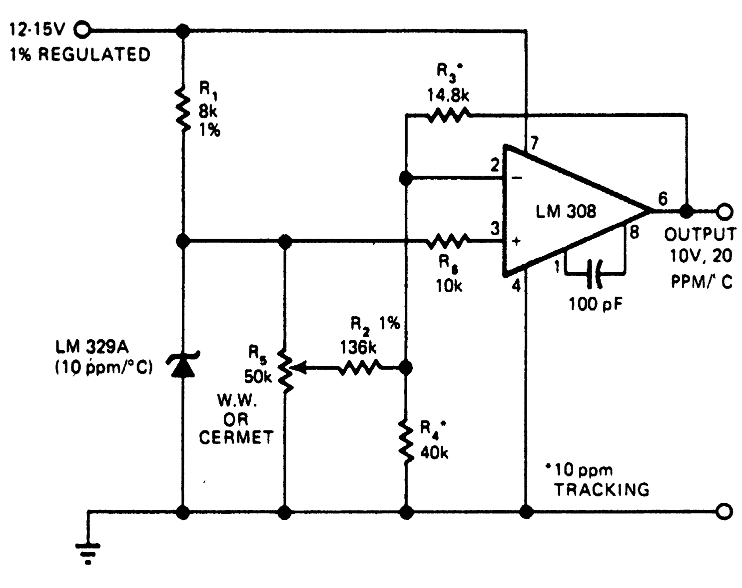


Рис. 11.28

Источник опорного напряжения (рис. 11.28) пригоден для применения с аналого-цифровым преобразователем, который требует, чтобы выходное напряжение дрейфовало примерно на 200 мкВ/°С при напряжении 10 В на выходе схемы. Погрешность температурного дрейфа зависит одинаково от стабилитрона и усилителя, а также позволяет применять компоненты с более или менее низким значением дрейфа.

11.29. Двухполярный источник опорного напряжения с напряжениями +2,5 и –2,5 В

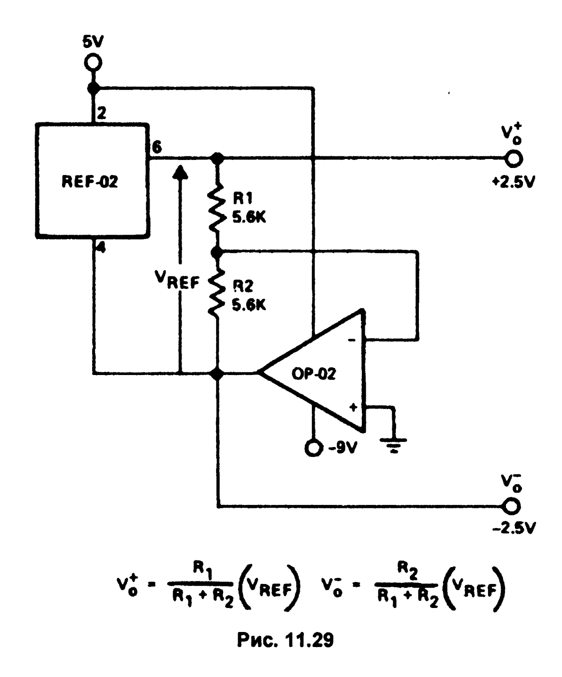


Рис. 11.29

Источник опорного напряжения высокой точности типа REF-02 производства компании Precision Monolithics и инвертирующий операционный усилитель типа OP-02 (рис. 11.29) обеспечивают желаемые опорные напряжения, если они питаются от источников с показанными на схеме рабочими напряжениями.

11.30. Заменитель эталонного элемента с напряжением 1,01 В

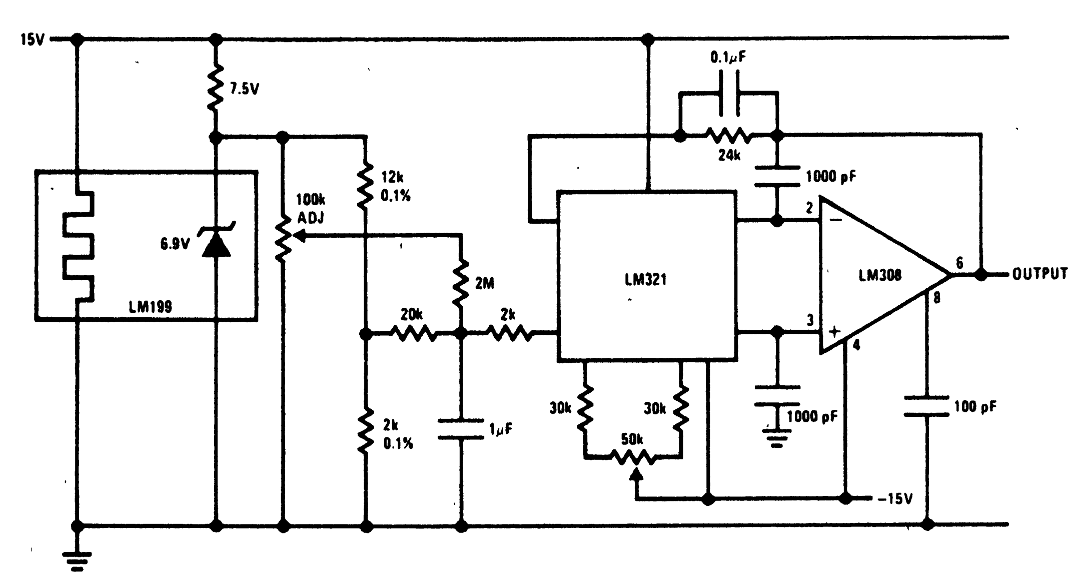


Рис. 11.30

Температурно-стабилизированное эталонное напряжение 6,95 В элемента LM199 (рис. 11.30) производства компании National подается через предусилитель типа LM321 в операционный усилитель типа LM308, чтобы получить заменитель стандартного элемента, напряжение которого можно установить точно на значение 1,01 В. Перед регулировкой выходного напряжения смещение операционного усилителя должно устанавливаться на "0".

11.31. Двухполярный источник опорного напряжения с напряжениями +7 и –7 В

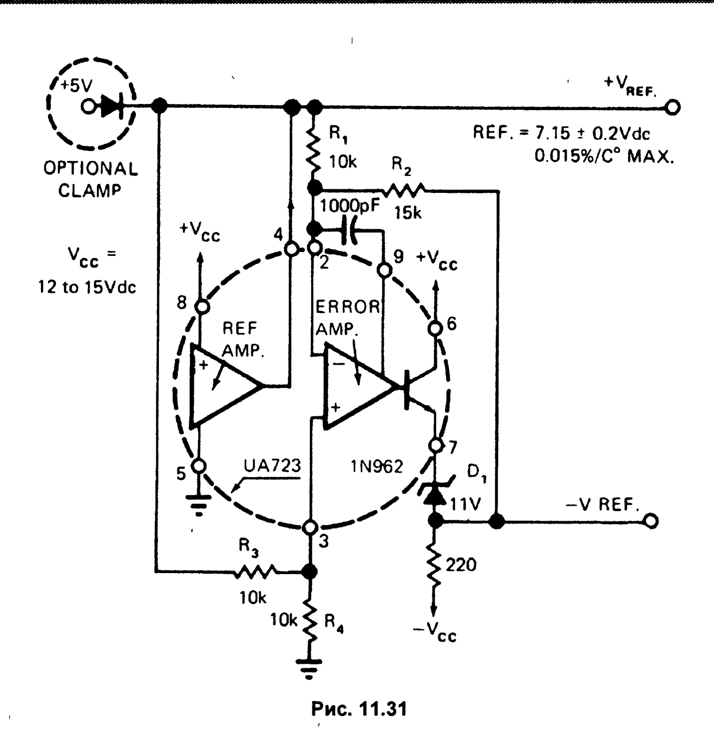


Рис. 11.31

Приведенный источник опорного напряжения (рис. 11.31) разработан для использования в аналоговых устройствах, которые нуждаются в опорных напряжениях с обеими полярностями. Оба напряжения формируются с помощью интегральной микросхемы регулятора напряжения типа μA723 (UA723). Основной особенностью схемы является удержание напряжения на входе и выходе в динамическом диапазоне усилителя, который составляет от +2 до +9 В. Это достигается смещением вверх выходного напряжения с помощью стабилитрона D_1 и подачи напряжения погрешности на вход усилителя погрешности (вывод 2 микросхемы UA723) с помощью делителя на резисторах R_1—R_2. Изменение отношения резисторов R_3 к R_4 изменяет отрицательное значение опорного напряжения $-V_{REF}$.

11.32. Высокоточный источник опорного напряжения с выходным напряжением +15 В

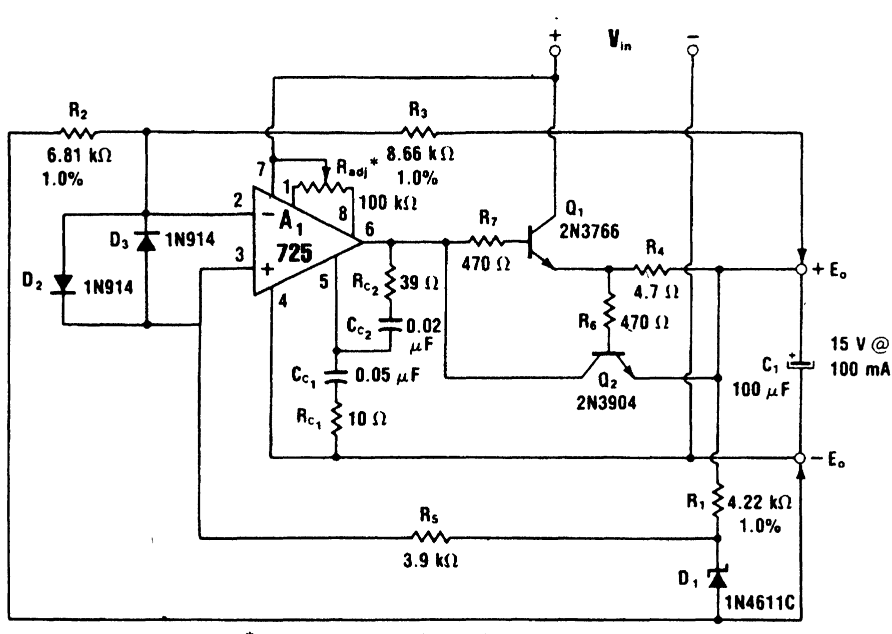


Рис. 11.32

В схеме высокоточного источника опорного напряжения (рис. 11.32) используется операционный усилитель типа 725, который обладает низким дрейфом смещения и высоким коэффициентом подавления синфазной составляющей сигнала и в комбинации со стабилитроном типа 1N4611, также имеющим низкое значение температурного дрейфа напряжения, обеспечивает высокостабильный режим при токах до 100 мА. В качестве резисторов R_1, R_2 и R_3 требуется применять резисторы, обладающие низким значением допустимого отклонения сопротивления (±1 %) и маленьким температурным коэффициентом, такие как металлопленочные или проволочные резисторы.

11.33. Источник 5-вольтового опорного напряжения при 15 В на входе

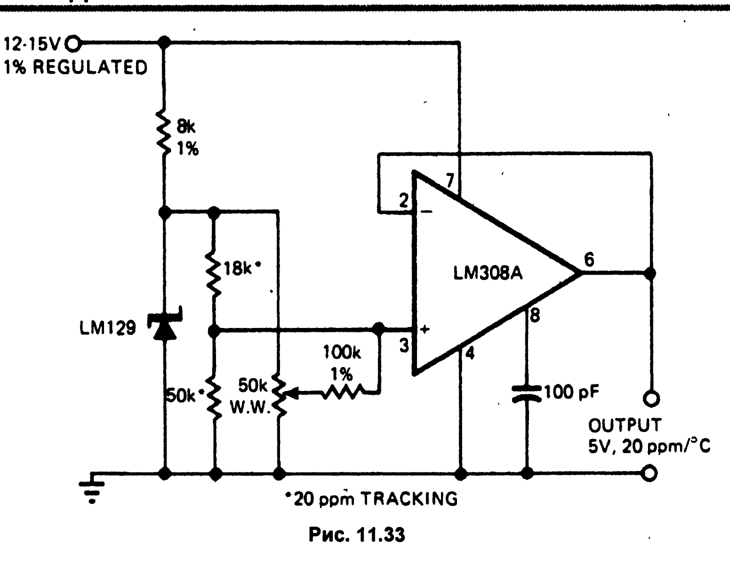


Рис. 11.33

Схема (рис. 11.33) применяется как источник опорного напряжения для аналого-цифрового преобразователя, если необходимое выходное эталонное напряжение меньше, чем опорное напряжение используемого стабилитрона, что позволяет упростить схему. Температурный дрейф напряжения стабилитрона вносит свою пропорциональную часть в температурный дрейф на выходе схемы, причем операционный усилитель привносит большую часть. Операционный усилитель не нужен, если предполагается, что схема может иметь высокое значение полного выходного сопротивления.

11.34. Источник опорного напряжения с выходным напряжением 10,000 В со стабилитроном

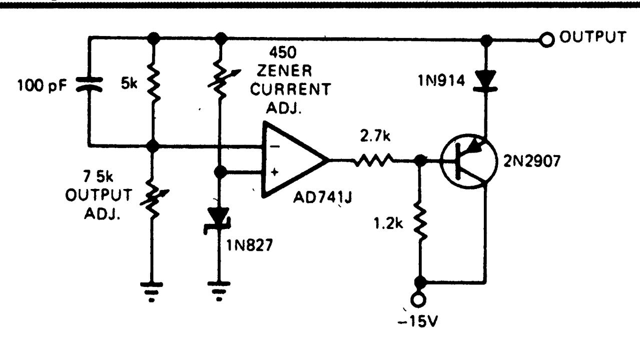


Рис. 11.34

Схема источника (рис. 11.34) позволяет получить стабильный ток для стабилитрона и регулируемое напряжение на выходе, обеспечивающее самонастраивающийся ток возбуждения из выходного напряжения. Схема предназначена для промышленного использования (Analog Devices AD2700) и обладает низким значением температурного дрейфа напряжения, которое достигает 30 мкВ/°С.

11.35. Источник регулируемого опорного напряжения с выходным напряжением 0–6,6 В и током 5 мА

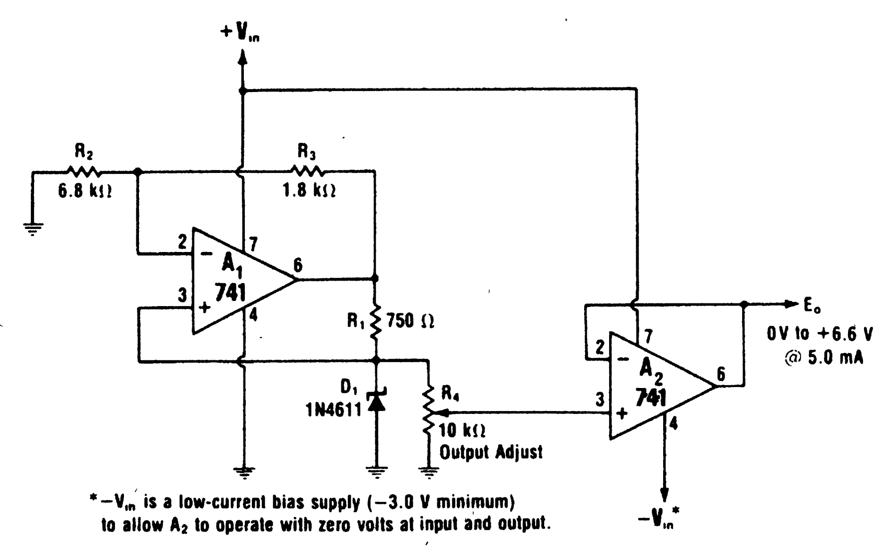


Рис. 11.35

Потенциометр R_4 на входе повторителя напряжения, выполненного на операционном усилителе A_2 (рис. 11.35), позволяет эталонному напряжению изменяться от "0" вплоть до верхнего значения рабочего напряжения стабилитрона. Надо учесть, что в схеме не может использоваться сдвоенный операционный усилитель, поскольку вывод питания первого операционного усилителя должен быть заземлен, а на вывод питания второго операционного усилителя должно быть подано напряжение с отрицательного источника питания. При необходимости вместе с операционным усилителем A_2 может применяться еще и дополнительный усилительный *n-p-n*-транзистор.

11.36. Источник опорного напряжения на ОУ с милливольтным выходным напряжением

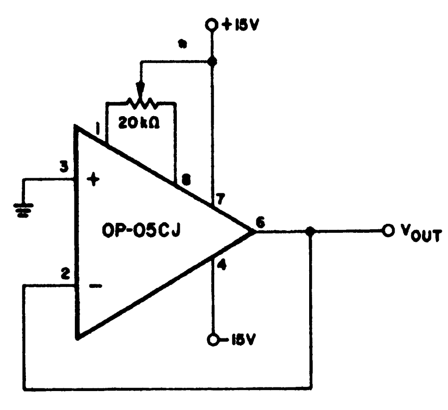


Рис. 11.36

Высокоэффективный измерительный операционный усилитель типа OP-05CJ производства компании Precision Monolithics, используемый в схеме (рис. 11.36), включен как повторитель напряжения. Выходное напряжение источника опорного напряжения устанавливается с помощью потенциометра, подключенного к выводам операционного усилителя, которые предназначены для коррекции смещения нуля. Диапазон регулировки выходного опорного напряжения простирается от –3,5 до +3,5 мВ при значении длительного дрейфа напряжения равного 3,5 мкВ/месяц.

11.37. Источник опорного напряжения с большим диапазоном входного напряжения

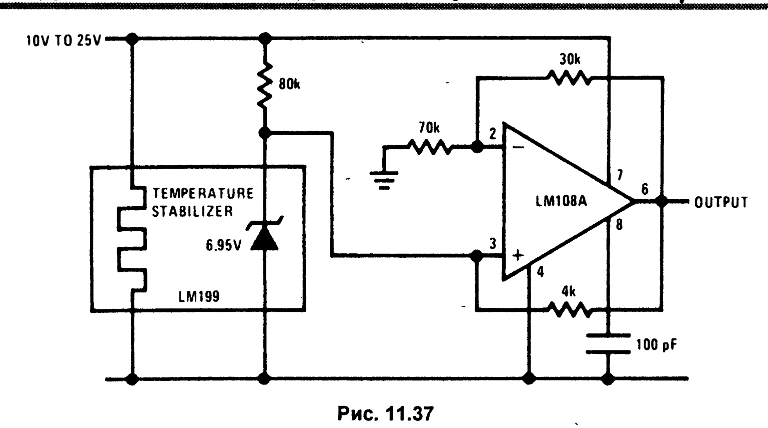


Рис. 11.37

Температурно-стабилизированный источник опорного напряжения типа LM199 и буферный операционный усилитель LM108A схемы (рис. 11.37) позволяют использовать для нее источник питания с напряжением от 10 до 25 В. Резистор с сопротивлением 80 кОм используется для задания тока через стабилитрон элемента LM199 и для правильного запуска схемы, когда подключен источник питания.

11.38. Источник опорного напряжения с выходным напряжением +8,2 В

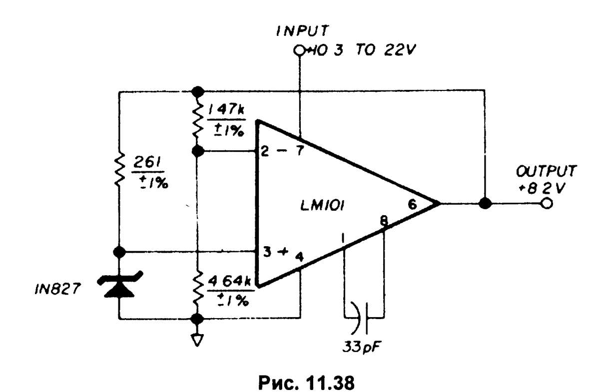


Рис. 11.38

Изменение выходного напряжения схемы (рис. 11.38) составляет 0,01 мВ/В при изменении входного напряжения от 10,3 до 22 В, а вот температурная стабильность схемы в диапазоне температур от –55 до 125 °С равна ±0,05 %. В схеме предусмотрена внутренняя защита от короткого замыкания. Для ее построения можно использовать операционные усилители типа LM101, LM301A производства компании National или эквивалентные им.

11.39. Схема источника опорного напряжения с линейным регулированием

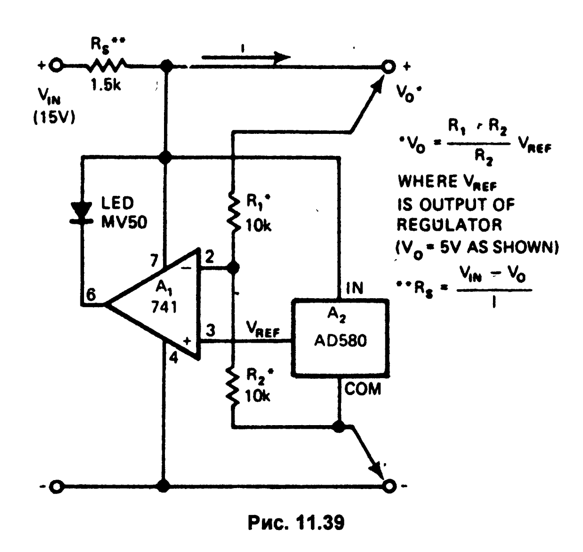


Рис. 11.39

Выходное напряжение V_{REF} стабилизатора напряжения типа AD580 с тремя выводами (рис. 11.39) усиливается с помощью операционного усилителя A_1. Результирующее опорное напряжение V_O практически невосприимчиво к изменениям напряжения на входе схемы и определяется из выражения $V_O = V_{REF} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$. Диапазон выходного опорного напряжения простирается от 5 В вплоть до предельного напряжения источника, используемого для питания операционного усилителя. При желании значение опорного напряжения может задаваться с помощью резистора R_1. Светодиод LED MV50 показывает правильное или неверное функционирование схемы.

11.40. Источник опорного напряжения на ОУ с положительной обратной связью и выходным напряжением +10 В

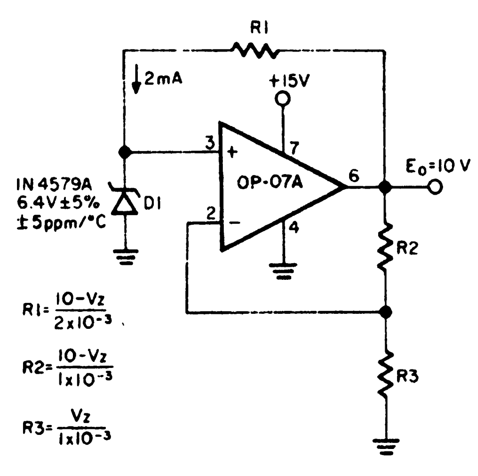


Рис. 11.40

Высокостабильная интегральная микросхема операционного усилителя типа OP-07A (рис. 11.40) производства компании Precision Monolithics, имеющая ультранизкое значение напряжения смещения, обеспечивает на выходе схемы точное напряжение равное 10 В почти независимо от изменений питающего напряжения, температуры окружающей среды и подключаемой нагрузки. Значение резистора R1 должно выбираться таким образом, чтобы ток стабилизации составлял точно 2 мА, а температурный коэффициент изменения сопротивления должно быть 5 миллионных долей на градус Цельсия. Значения сопротивлений всех резисторов определяются исходя из точного напряжения стабилизации V_Z стабилитрона D1 и могут быть рассчитаны по выражениям, приведенным рядом со схемой.

Электроника

302 НОВЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Схемотехнические решения для радиолюбителей и профессионалов

В книге собраны различные схемотехнические решения, которые будут полезны в практической работе, экспериментах, обучении и могут стать толчком к новым идеям в области электроники.

Каждая схема сопровождается кратким описанием. Схемы просты, наглядны, легко читаемы и на их создание не требуется слишком много времени. В большинстве случаев речь идет о готовых функциональных блоках или устройствах, схемы которых помогут сэкономить время, нервы и деньги при разработке собственного образца.

Книга является настоящей сокровищницей, собранной кропотливым трудом немецких специалистов для профессиональных разработчиков и радиолюбителей.

Книга содержит:

- Схемы приемопередатчиков
- Схемы устройств измерения и регулирования температуры
- Тестовые схемы
- Схемы таймеров
- Сенсорные выключатели
- Схемы передатчиков
- Схемы генераторов, управляемых напряжением (ГУН)
- Схемы обнаружения порогового значения
- Схемы измерительных устройств

FRANZIS

bhv®

БХВ-ПЕТЕРБУРГ
190005, Санкт-Петербург,
Измайловский пр., 29
E-mail: mail@bhv.ru
Internet: www.bhv.ru
Тел.: (812) 251-42-44
Факс: (812) 320-01-79

ISBN 978-59775-0311-2
9 785977 503112